



**Sandra Alves Gonçalves**

Licenciada em Ciências de Engenharia do Ambiente

**Determinação da Pegada Hídrica de  
Parques de Armazenagem de Combustíveis.  
Caso de Estudo: CLCM.**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia do Ambiente, perfil de Gestão e Sistemas Ambientais

Orientador : Professor Doutor João Joanaz de Melo,  
Professor Auxiliar com agregação, FCT - UNL

Co-orientadora : Eng.<sup>a</sup> Sandra Aparício,  
Galp Energia, Direção SAQ

Júri:

Presidente: Professor Doutor Rui Jorge Fernandes Ferreira dos Santos

Arguente: Professor Doutor António Pedro de Nobre Carmona Rodrigues

Vogais: Professor Doutor João Joanaz de Melo  
Eng.<sup>a</sup> Sandra Aparício



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Novembro, 2013**





**Determinação da Pegada Hídrica de  
Parques de Armazenagem de Combustíveis.  
Caso de Estudo: CLCM.**

Copyright © Sandra Alves Gonçalves, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



*"Sorte é o ponto em que a preparação encontra a oportunidade."*

***Provérbio Chinês***

*"A água é o combustível da vida."*

***José Pinto Peixoto, 1979***



# Agradecimentos

Ao meu orientador, o Professor Joanaz de Melo, por ter aceite este desafio e me ter ajudado ao longo desta dissertação nas inúmeras reuniões que tivemos, por vezes fora de horas. À minha orientadora, a Eng.<sup>a</sup> Sandra Aparício por me ter proporcionado trabalhar com a Galp Energia, em particular na Direção SA&Q, onde pude começar a crescer como profissional, e ainda por me ter dado a conhecer este tema tão interessante. Muito obrigada pela confiança e apoio dado durante estes meses de trabalho.

Agradeço à Companhia Logística de Combustíveis da Madeira (CLCM) pela cedência de dados, em especial ao Eng.<sup>o</sup> João Drumond, pela disponibilidade incansável para tratar dos assuntos necessários, e pelas palavras de apoio e encorajamento. Ao Eng.<sup>o</sup> Francisco Clamote e Eng.<sup>a</sup> Delmira Sousa pela sua disponibilidade em ceder os dados disponíveis para Cabo Verde.

Ao director da Direcção Regional de Ambiente da Madeira (DRAM) o Eng.<sup>o</sup> João Correia pela amabilidade em verificar a existência dos dados pretendidos.

Quero ainda expressar os meus sinceros agradecimentos ao Professor João Lourenço, do Departamento de Informática, que foi incansável na ajuda com o  $\text{\LaTeX}$ .

Ao longo da vida tenho tido a sorte de conhecer pessoas fantásticas, e esta etapa foi uma delas, como tal não poderia deixar de agradecer a toda a equipa da Direção SA&Q que me acolheu calorosamente no meu período de estágio, em especial à Nicole Ribeiro, Margarida Ferreira, Ana Diniz, Margarida de Sousa, Susana Guerreiro e Gonçalo Correia.

Porque uma dissertação não se resume aos meses da sua elaboração, mas também ao que foi cultivado ao longo do percurso nesta academia, que tanto estimo, agradeço àqueles que partilharam esta etapa comigo. Infelizmente não consigo enunciar todos, mas eles saber-se-ão identificar. Em especial às minhas companheiras e amigas, Susana Inocência e Marta Alves que me seguem nesta aventura desde o primeiro dia da faculdade. À Vanessa Tavares, Ana Barradinhas, Teresa Fontes e Ana Pedrosa pela amizade ao longo destes anos. Aos meus padrinhos e amigos Hugo Belo e Pedro Antunes, por me terem proporcionado uma integração na faculdade como nunca teria imaginado.

E por fim às pessoas mais importantes da minha vida, obrigada do fundo do coração, por acreditarem em mim e serem os meus pilares: Ao meu amor, mas sobretudo

amigo, Carlos João, sem o qual teria sido mais difícil alcançar esta meta e os meus objetivos. Muito obrigada por me dares apoio e aturares mesmo nos meus momentos menos simpáticos; Aos meus pais por me deixarem voar e escolher o meu caminho, sem eles não seria quem sou hoje; Ao meu irmão, cunhada, sobrinha e avó pelo apoio constante, quando a saudade e a distância eram muitas!

# Resumo

---

A água doce é um recurso valioso indispensável à vida na Terra. No entanto a sua distribuição no mundo é desigual e as pressões exercidas são crescentes, o que está a originar uma crise global da água. A mudança desta tendência é cada vez mais importante e necessária. Como tal cabe também às empresas e ao sector industrial, a procura de uma gestão eficiente dos recursos naturais, em particular da água doce.

O principal objectivo desta dissertação é a avaliação dos usos, impactes e dependência da água, associadas a uma etapa específica do ciclo de vida dos combustíveis, a armazenagem, com aplicação do indicador pegada hídrica (PH). O cálculo da PH cingiu-se à fracção azul e cinzenta, esta última caracterizada por três parâmetros de qualidade da água diferentes, o CQO,  $\text{CBO}_5$  e HT. Na abordagem ao caso de estudo foi possível concluir que a PH da Companhia Logística de Combustíveis da Madeira (CLCM), de 2009 a 2012 varia entre 25 185 e 10 064  $\text{m}^3$ . Neste período constatou-se um comportamento decrescente associado por um lado ao contexto económico e social e por outro a medidas de eficiência hídrica internas resultando num decréscimo de 25 185  $\text{m}^3$ , em 2009 para 10 064  $\text{m}^3$  em 2012. Por cada tonelada de produto expedido na CLCM são aplicados cerca de 53 a 93 litros de água, por ano, o que se traduz na PH do produto associada à etapa de armazenagem. Face a uma situação com escassez hídrica, comparou-se a CLCM a três parques de armazenagem em Cabo Verde. Nesta abordagem verificam-se variações, não muito significativas, contudo cada instalação está dependente da sua localização, contexto climático e económico.

Por último, são propostas algumas medidas de eficiência hídrica para a CLCM que visam a melhoria do desempenho no uso do recurso, baseadas ao nível dos usos urbanos, acompanhado da adequação de tecnologias mais eficientes ao nível hídrico.

**Palavras-chave:** Água, Pegada Hídrica, Parque de Armazenagem, Derivados de Petróleo.

---





# Abstract

---

Fresh water is a valuable resource essential to the existence of life on Earth. However, its distribution in the world is uneven and the pressures associated are increasing, which is creating a global water crisis. Notwithstanding changing this trend is extremely important and necessary, it is also the responsibility of industries to search for efficient tools for natural resources management, particularly freshwater.

The main objective of this master thesis is the evaluation of the use, impact and dependence on water, associated with a specific stage of the fuel life cycle - the storage - applying water footprint (WF) indicator. Calculation of WF was possible considering the blue and gray components. Gray WF was characterized by three different water quality parameters: CQO, CBO<sub>5</sub> and HT . In the case study mentioned it was possible to conclude that the PH of the Company Logistics Fuels Madeira (CLCM), 2009-2012 had variations between 25 185 and 10 064 m<sup>3</sup>. In this period there was a decreasing behavior associated in one hand to the economic and social context and on the other hand to internal water efficiency measures that resulted in a decrease of 25 185 m<sup>3</sup> in 2009 to 10 064 m<sup>3</sup> in 2012. Per each tonne of product shipped in CLCM approximately 53-93 liters of water are applied per year, which is the WF associated. To understand the results in a situation with water shortages, the behavior of CLCM was compared to three storage facilities in Cape Verde. In this approach some variations occurred with low significance, perceiving that each facility is subject to its location, climate and economic context.

Finally, some water efficiency measures are proposed for the use of the resource, aimed at improving the performance of the resource, based on the level of urban uses, together with the sustainability of more efficient technologies to the water level.

**Keywords:** Water; Water Footprint; Fuel Storage Facilities; Petroleum Derivatives.

---



# Índice

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Introdução</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1      | Enquadramento e relevância do tema . . . . .                                | 1         |
| 1.2      | Objectivo e âmbito . . . . .  | 3         |
| 1.3      | Organização da dissertação . . . . .  | 3         |
| <b>2</b> | <b>Revisão da Literatura</b>  | <b>5</b>  |
| 2.1      | O recurso água . . . . .  | 5         |
| 2.2      | Os usos de água . . . . .   | 7         |
| 2.3      | Qualidade da água . . . . .   | 10        |
| 2.3.1    | Introdução . . . . .  | 10        |
| 2.3.2    | Padrões de qualidade da água . . . . .                                      | 11        |
| 2.3.3    | Descrição dos parâmetros de qualidade . . . . .                             | 12        |
| 2.4      | A Pegada Hídrica . . . . .  | 14        |
| 2.4.1    | Conceitos Gerais . . . . .  | 14        |
| 2.4.2    | A Pegada Hídrica azul . . . . .   | 16        |
| 2.4.3    | A Pegada Hídrica verde . . . . .  | 17        |
| 2.4.4    | A Pegada Hídrica cinzenta . . . . .   | 17        |
| 2.4.5    | A Pegada Hídrica de um produto . . . . .                                    | 19        |
| 2.4.6    | Avaliação da Sustentabilidade da Pegada Hídrica . . . . .                   | 19        |
| 2.4.7    | Análise SWOT . . . . .  | 20        |
| 2.5      | A escassez de água . . . . .  | 22        |
| 2.6      | O sector petrolífero . . . . .  | 26        |
| 2.7      | Eficiência Hídrica na Indústria . . . . .                                   | 29        |
| <b>3</b> | <b>Metodologia</b>  | <b>33</b> |
| 3.1      | Fases do Estudo . . . . .   | 33        |
| 3.2      | Aplicação do Cálculo da Pegada Hídrica aos Parques de Armazenagem . . . . . | 34        |
| 3.2.1    | Introdução . . . . .  | 34        |
| 3.2.2    | Pegada hídrica azul . . . . .   | 35        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 3.2.3    | Pegada hídrica verde . . . . .   | 36        |
| 3.2.4    | Pegada hídrica cinzenta . . . . .  | 36        |
| 3.2.5    | Pegada hídrica da instalação . . . . .                                     | 40        |
| 3.2.6    | Pegada hídrica do produto . . . . .  | 40        |
| 3.2.7    | Pegada azul da CLCM <i>vs</i> parques de armazenagem em Cabo Verde         | 41        |
| 3.3      | Recolha de informação . . . . .  | 41        |
| 3.4      | Análise e interpretação dos dados . . . . .                                | 41        |
| 3.5      | Limitações metodológicas . . . . .   | 42        |
| <b>4</b> | <b>Caso de Estudo</b>  | <b>45</b> |
| 4.1      | Enquadramento . . . . .  | 45        |
| 4.2      | Companhia Logística de Combustíveis da Madeira (CLCM) . . . . .            | 45        |
| 4.2.1    | Caracterização da CLCM . . . . .   | 45        |
| 4.2.2    | Análise dos dados fornecidos . . . . .                                     | 50        |
| 4.3      | Parques de Armazenagem em Cabo Verde . . . . .                             | 52        |
| 4.3.1    | Caracterização de Cabo Verde . . . . .                                     | 52        |
| 4.3.2    | Análise dos dados fornecidos . . . . .                                     | 54        |
| 4.4      | Limitações dos casos de estudo . . . . .                                   | 54        |
| <b>5</b> | <b>Resultados e Discussão</b>  | <b>57</b> |
| 5.1      | A Pegada Hídrica da CLCM . . . . .   | 57        |
| 5.1.1    | Pegada Hídrica azul . . . . .  | 57        |
| 5.1.2    | Pegada Hídrica cinzenta . . . . .  | 58        |
| 5.1.3    | Pegada Hídrica da instalação . . . . .                                     | 61        |
| 5.1.4    | Pegada Hídrica do produto . . . . .  | 62        |
| 5.2      | A PH Azul da CLCM <i>vs</i> parques de armazenagem em Cabo Verde . . . . . | 62        |
| 5.2.1    | PH azul das instalações . . . . .  | 62        |
| 5.2.2    | PH azul do produto . . . . .   | 63        |
| <b>6</b> | <b>Conclusões</b>  | <b>65</b> |
| 6.1      | Síntese . . . . .  | 65        |
| 6.2      | Desenvolvimentos futuros . . . . .   | 67        |
|          | <b>Bibliografia</b>  | <b>68</b> |
| <b>A</b> | <b>Dados Recolhidos</b>  | <b>75</b> |
| <b>B</b> | <b>A CLCM</b>  | <b>79</b> |

# Lista de Figuras

|      |  |    |
|------|--|----|
| 2.1  | O ciclo da água . . . . .  | 6  |
| 2.2  | Consumo de água por região e sector . . . . .  | 7  |
| 2.3  | Consumo de água por sector na Europa . . . . .   | 8  |
| 2.4  | Pegada hídrica total, por sector em Portugal. . . . .  | 9  |
| 2.5  | Consumo e desperdício de água por sector, em Portugal . . . . .                                    | 10 |
| 2.6  | Esquema da Pegada Hídrica . . . . .  | 14 |
| 2.7  | Representação das componentes directa e indirecta da pegada hídrica . . . . .                      | 15 |
| 2.8  | Mapa representativo das áreas com escassez de água no mundo . . . . .                              | 23 |
| 2.9  | Cenário da disponibilidade de água no mundo para 2025 . . . . .                                    | 25 |
| 2.10 | Projecções relativas à disponibilidade de água para 2050 . . . . .                                 | 25 |
| 2.11 | Esquema do sector petrolífero . . . . .  | 26 |
| 2.12 | Tendência de descarga de hidrocarbonetos totais na indústria da refinação na Europa . . . . .      | 27 |
| 2.13 | Distribuição dos principais parques e terminais de armazenagem e refinarias, em Portugal . . . . . | 28 |
| 3.1  | Esquema metodológico da realização da presente dissertação. . . . .                                | 33 |
| 3.2  | Representação do ciclo de vida dos combustíveis e o tipo de PH associada . . . . .                 | 34 |
| 4.1  | Fotografia da CLCM . . . . .   | 46 |
| 4.2  | Vista da plataforma 20: descarga de um navio tanque e visualização do quadro de boias. . . . .     | 47 |
| 4.3  | Planta Geral da CLCM . . . . .   | 48 |
| 4.4  | Distribuição dos usos de água na CLCM, por anos. . . . .   | 50 |
| 4.5  | Mapa da República de Cabo Verde . . . . .  | 53 |
| 5.1  | Evolução da pegada hídrica cinzenta, em função de cada parâmetro . . . . .                         | 59 |
| 5.2  | Evolução da pegada hídrica cinzenta média e pior desempenho . . . . .                              | 60 |
| 5.3  | Representação do peso da pegada hídrica da CLCM . . . . .  | 61 |

|      |   |    |
|------|---|----|
| A.1  | Exemplo de um boletim analítico das águas efluentes, da CLCM. . . . .                                       | 78 |
| B.1  | Localização da CLCM: área de projecto . . . . .   | 80 |
| B.2  | Visualização da plataforma 15 e tanques de armazenagem de fuel-óleo . .                                     | 81 |
| B.3  | Ilha de enchimento - Plataforma 15. . . . .   | 81 |
| B.4  | Tanques de incêndio - Plataforma 17. . . . .  | 81 |
| B.5  | Entrada da plataforma 17; edifício de enchimento de garrafas de gás; ilha<br>de enchimento de gás . . . . . | 82 |
| B.6  | ETAR - Plataforma 20. . . . .   | 82 |
| B.7  | Armazém de resíduos - Plataforma 20. . . . .  | 82 |
| B.8  | Tubagens de combustível e de incêndio - Plataforma 20 . . . . .   | 83 |
| B.9  | Visualização da plataforma 16 B . . . . .   | 83 |
| B.10 | Tanques de armazenagem de gasóleo e bombas associadas - plataforma 14.                                      | 83 |
| B.11 | Bombas de combustível em funcionamento - Plataforma 14. . . . .   | 84 |
| B.12 | Válvula fechada - Plataforma 19. . . . .  | 84 |
| B.13 | Quadro de boias - Oceano Atlântico. . . . .   | 85 |

# Lista de Tabelas

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 2.1 | Distribuição da água na Terra . . . . .  | 5  |
| 2.2 | Medidas do PNUEA para o sector industrial . . . . .                                      | 30 |
| 3.1 | Parâmetros relevantes em função do meio receptor . . . . .                               | 37 |
| 3.2 | Valores de referência utilizados na PH cinzenta . . . . .                                | 39 |
| 3.3 | Volume de produto expedido da CLCM anualmente. . . . .                                   | 40 |
| 3.4 | Caudal e médias características do efluente da CLCM, por anos. . . . .                   | 42 |
| 4.1 | Representação da abrangência de cada contador de água. . . . .                           | 51 |
| 4.2 | Caudal afluente a cada parque de armazenagem de Cabo Verde, por anos. . . . .            | 54 |
| 5.1 | Resultados anuais para a pegada hídrica azul corrigida . . . . .                         | 57 |
| 5.2 | Evolução da pegada hídrica cinzenta, para $C_{nat} = 0$ mg/L . . . . .                   | 58 |
| 5.3 | Evolução da pegada hídrica cinzenta com a $C_{nat}$ das monitorizações da CLCM . . . . . | 59 |
| 5.4 | Resultados da pegada hídrica cinzenta ajustada da CLCM . . . . .                         | 60 |
| 5.5 | Pegada hídrica anual da instalação . . . . .   | 61 |
| 5.6 | Pegada hídrica do produto . . . . .  | 62 |
| 5.7 | Pegada hídrica azul anual das instalações, em Cabo Verde e na Madeira . . . . .          | 63 |
| 5.8 | Pegada hídrica azul do produto, em Cabo Verde e na Madeira . . . . .                     | 63 |
| A.1 | Monitorização dos contadores de água, ano 2009 e 2010. . . . .                           | 76 |
| A.2 | Monitorização dos contadores de água, ano 2011 e 2012. . . . .                           | 77 |







# Introdução

## 1.1 Enquadramento e relevância do tema

No século XXI, as importantes questões globais incluem a diminuição dos recursos não renováveis de energia, as emissões de CO<sub>2</sub>, a segurança alimentar e a escassez de água (Gerbens-Leenes, Lienden et al. [2012](#)). O mundo está a enfrentar uma crise global ao nível da qualidade da água. Tem-se observado uma rápida industrialização e intensificação da produção de alimentos, bem como um aumento contínuo da população e das zonas urbanas. Estima-se que para 2050 a população urbana no mundo cresça para 6,3 mil milhões de habitantes, quando em 2009 era de 3,4 mil milhões. Estes factores de crescimento ampliam as pressões exercidas no recurso água e a ocorrência de descargas ilegais ou não reguladas, de água contaminada, dentro e fora das fronteiras nacionais (Corcoran et al. [2010](#); Wilhite [2005](#); WWAP [2012](#)).

Em muitas regiões do mundo, a água é sobre-explorada devido ao desenvolvimento económico, em particular pela actividade agrícola e industrial. Para muitos processos industriais a água é um requisito indispensável, utilizado para limpeza, aquecimento, refrigeração, produção de vapor, transporte de substâncias dissolvidas ou partículas, como a matéria-prima, solvente ou até sendo parte integrante dos produtos. De um modo geral, entre 5 a 20% dos usos de água destinam-se ao sector industrial (Corcoran et al. [2010](#); WWAP [2009](#)).

A água doce é um recurso renovável, no entanto não é ilimitado, pois se a sua taxa de utilização for superior à sua própria taxa de renovação, poder-se-á considerar que a água é um recurso não renovável, devido à velocidade com que é utilizada (Hoekstra, Chapagain et al. [2011](#)).

Segundo o relatório Bruntland o desenvolvimento sustentável é descrito como a capacidade de satisfazer as necessidades do presente, sem comprometer as necessidades das gerações futuras (Nations 1987). A forma como as empresas abordam o uso da água doce e o seu impacto nos sistemas hídricos é um dos aspectos do seu desempenho sustentável (Gerbens-Leenes e Hoekstra 2008). Assim o futuro das empresas depende a sustentabilidade dos recursos hídricos (WBCSD 2010). Por isso as empresas estão a começar a tornar-se cada vez mais eficientes no que diz respeito ao uso dos recursos, tratamento de resíduos, optimização da cadeia de suporte, originando assim produtos cada vez mais amigos do ambiente (General Electric Company 2008). A gestão dos recursos hídricos tem vindo a desempenhar um papel preponderante nas decisões corporativas, devido à importância que esta é dada pelos clientes, colaboradores e accionistas (WBCSD 2010). A consciência ambiental e estratégica é frequentemente considerada parte da preocupação da empresa tal como “responsabilidade social corporativa”. A nível mundial, as empresas têm reconhecido a redução da pegada hídrica como parte das suas estratégias ambientais, tal como o é a redução da pegada de carbono. Também muitas empresas têm aproveitado este tema como instrumento para reforçar a sua imagem corporativa ou até como fortalecimento da sua marca (Hoekstra 2010).

A Galp Energia tem reconhecido a importância do recurso água, desenvolvendo estudos relacionados com a análise de risco associado ao uso da água, nos países onde opera (Galp Energia 2012). Como prolongamento desta temática surge a necessidade de expressar o contributo da sua actividade nas diferentes etapas do ciclo de vida, dos combustíveis derivados de petróleo. Este contributo é passível de expressar através do cálculo da pegada hídrica, esta que pode ser calculada em diversos contextos, designadamente para produtos, empresas, consumidores, áreas geográficas, países, municípios, entre outros. Não sendo conhecido, até à data, nenhum estudo com aplicação da PH nos parques de armazenagem, esta dissertação revela-se de elevada importância para a percepção dos usos e impactes inerentes à actividade.

A pegada hídrica é um indicador que quantifica a água doce e a poluição resultante da actividade ao longo da cadeia logística. Este indicador baseia-se na agregação de três sub-indicadores, dos quais a pegada hídrica azul, verde e cinzenta. A pegada hídrica azul corresponde ao volume de água doce proveniente de recursos naturais superficiais ou subterrâneos, e verde ao volume de águas pluviais aproveitadas no processo de produção. Já a pegada hídrica cinzenta é caracterizada como um indicador de poluição da água que quantifica o volume de água necessária para assimilar a carga de poluentes, de modo a que sejam atingidos os padrões de qualidade da água. A pegada hídrica tem a particularidade de quando aplicada a empresas, ter o potencial de utilização em declarações de suporte ambiental e no reporte de sustentabilidade corporativa. Esta pegada é mais um dos desenvolvimentos da *Footprint Family* que tem vindo a ganhar destaque ao longo dos últimos anos (Hoekstra, Chapagain et al. 2011; Hoekstra e Hung 2002).

No entanto, por forma a minimizar esses impactes é necessário conhecer a sua natureza, visto não se poder gerir o que não se pode medir. Assim através do conhecimento

da PH associada à armazenagem do combustíveis será possível desenvolver estratégias, e realçar acções que visem a redução do consumo de água associado ao produto, para além de que permite ainda fornecer uma base para a avaliação de riscos para a cadeia de suporte e de operação.

## 1.2 Objectivo e âmbito

O principal objectivo desta dissertação é a avaliação dos usos de água e identificar os impactes associados aos parques de armazenagem de combustíveis e a consequente dependência hídrica, através da aplicação do indicador pegada hídrica.

O caso de estudo foca-se na Companhia Logística de Combustíveis da Madeira, localizado numa zona classificada com pouca ou nenhuma escassez hídrica. No entanto, de modo a avaliar o impacte dos parques de armazenagem numa situação de escassez hídrica, o caso de estudo é comparado a um parque de armazenagem localizado numa zona classificada com escassez física. Esta comparação tem particular aplicação na pegada hídrica azul.

Pretende-se ainda que sejam desenvolvidas ou revalidadas medidas concretas para a minimização dos impactes decorrentes da actividade, e uma melhor gestão de recursos hídricos, bem como para o desenvolvimento de estratégias de uso de água que possam ser aplicadas em toda a empresa Galp Energia.

## 1.3 Organização da dissertação

A dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos, descritos da seguinte forma:

**Capítulo 1:** Estabelece o enquadramento do tema, assim como os objectivos que se pretendem alcançar e a forma como o trabalho se encontra estruturado.

**Capítulo 2:** É sintetizada a literatura relevante para o tema em estudo, com abordagem ao recurso água, à distribuição do recurso e dos usos a nível mundial e regional. É ainda descrito o conceito de pegada hídrica.

**Capítulo 3:** É descrita a metodologia utilizada na realização do estudo, bem como as limitações da sua aplicação neste caso concreto.

**Capítulo 4:** É descrito o principal caso de estudo e é feita a análise dos dados recolhidos, para posterior interpretação dos resultados.

**Capítulo 5:** São apresentados os principais resultados do estudo e exploram-se as implicações dos mesmos na resolução dos objectivos

**Capítulo 6:** Estão presentes as principais conclusões do estudo efectuado e são propostos desenvolvimentos futuros.





## Revisão da Literatura

### 2.1 O recurso água

O planeta Terra é muitas vezes conhecido como o planeta azul, por ser maioritariamente constituído por água, com cerca de  $1\,386\,000 \times 10^3 \text{ km}^3$  (Tabela 2.1). No entanto, 96,5% dessa água encontra-se dispersa pelos oceanos, enquanto que a água doce é representada por 2,53% dos quais 1,74% estão retidos nos glaciares e calotes polares. Assim, quando comparada com a restante, a fracção de água doce disponível para uso dos seres vivos é mínima.

**Tabela 2.1:** Distribuição da água na Terra. (adaptado de Shiklomanov e Rodda 2003)

|                            | <b>Volume de água</b><br>( $10^3 \times \text{km}^3$ ) | <b>Percentagem de água (%)</b> |
|----------------------------|--|--------------------------------|
| <b>Oceano</b>              | 1 338 000  | 96,5                           |
| <b>Glaciares e calotes</b> | 24 064   | 1,74                           |
| <b>Subterrânea</b>         | 23 400   | 1,7                            |
| <b>Lagos</b>               | 176,4  | 0,013                          |
| <b>Rios</b>                | 2,12   | 0,0002                         |
| <b>TOTAL</b>               | 1 386 000  | 100                            |

A água é um recurso natural renovável, que se encontra em constante movimento na Terra. É acompanhada por transições de fase, nomeadamente sólida, líquida e gasosa, que estabelecem a ligação entre a terra, os oceanos e a atmosfera (J. P. Peixoto 1979). A

água evapora dos solos e das superfícies líquidas pela acção da energia do sol, dos ventos e das plantas. Em cada ciclo da água esta é transferida por evaporação para a atmosfera, onde é transportada e se condensa, formando as nuvens, para voltar à terra por precipitação; na superfície da terra a água escoar-se e outra parte fica retida, infiltrando-se, e por fim volta a evaporar-se de novo.



**Figura 2.1:** O ciclo da água (<http://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2009/08/ciclo-da-agua.jpg>)

A esta sucessão de fenómenos naturais em cadeia fechada chama-se de ciclo hidrológico ou ciclo da água (Figura 2.1) (Hoekstra, Chapagain et al. 2011). A quantidade de água presente na atmosfera aumenta através do processo de evaporação, mas diminui novamente através da precipitação. Na atmosfera o vapor de água movimenta-se em volta da Terra, sendo que evapora de um determinado lugar e não retorna necessariamente como precipitação para o mesmo lugar. Estes fenómenos naturais ocorrem não numa escala diária, mas sim a longo prazo o que condiciona o ciclo da água. (Hoekstra, Chapagain et al. 2011; J. P. Peixoto 1979; Shiklomanov 1998).

Segundo Peixoto, J.P. (1979) nenhuma água dos rios, lagos ou aquíferos subterrâneos, que é captada para ser utilizada na agricultura, indústria ou no abastecimento doméstico, se perde do ciclo da água. A água pode mudar de localização ou de fase, mas conserva-se na totalidade e reentra sempre no sistema geral de recirculação da água (J. P. Peixoto 1979). O consumo de água para os vários fins e usos representa apenas um circuito de derivação de água que circula através do seu ciclo. O ciclo da água sustenta a vida na Terra e abastece os seres vivos com água doce para produzir os bens no ecossistema, tal como toda a biomassa produzida para conceber alimento, fibra, combustível, biodiversidade terrestre, habitat para as espécies aquáticas, serviços de captura e armazenamento de carbono e regulação climática, e água para uso doméstico e industrial (Rockström et al. 2009).

A disponibilidade de água varia de ano para ano, em função das condições climáticas e da localização do país, as quais podem variar desde secas a inundações extremas

(SABMiller e WWF-UK 2009). Água doce em quantidade suficiente e de qualidade adequada não é apenas um pré-requisito para as sociedades humanas, também o é para os ecossistemas naturais (Costanza e Daly 1992).

## 2.2 Os usos de água

As actividades humanas consomem e poluem uma grande quantidade de água. No último século, a procura de água tem vindo a crescer a uma velocidade elevada (Pereira 2007; Postel 2000; Shiklomanov e Rodda 2003). Segundo Bayart et al. 2010 os usos de água ocorrem sob duas formas, o consumo e a degradação. O uso de água para consumo, a qual se relaciona com a água extraída procedente das massa de água, e a degradação da água, que retrata as emissões que afectam a sua qualidade (Bayart et al. 2010).

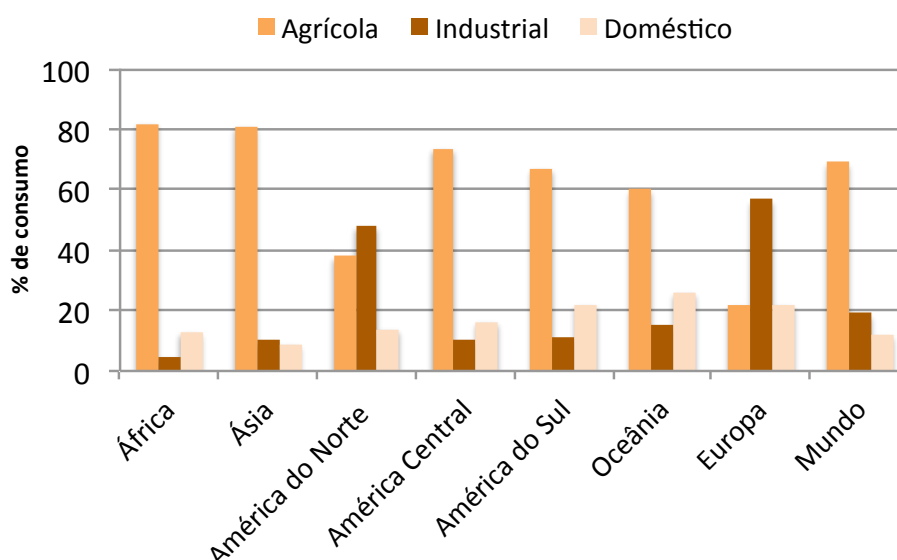
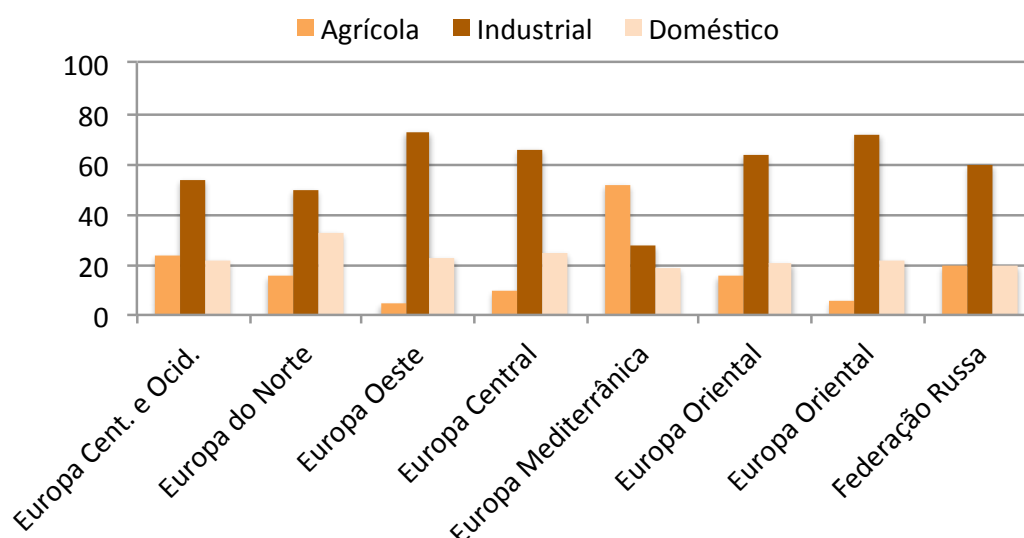


Figura 2.2: Consumo de água por região e sector, ano 2006. (Adaptado de FAO 2013)

Os usos de água são desiguais entre sectores, e isso reflecte-se à escala mundial (Figura 2.2). Segundo os dados do aquastat da FAO, a agricultura é de longe o principal consumidor de água com 69%, no entanto também há volumes substanciais de água consumida e poluída no sector industrial e doméstico com 19% e 12%, respectivamente (FAO 2013).

A Europa apresenta um consumo de água superior à média global, com um padrão atípico, visto o sector industrial estar em destaque com 53%, seguido do sector agrícola com 32% e o doméstico com 15%. Também a América do Norte assume os mesmos tipos de padrões de consumo da Europa, com o sector industrial em destaque.

Em particular para o caso europeu (Figura 2.3), verifica-se que há diferenças consideráveis na quantidade de água captada em cada sector e região, sendo em parte reflectida pelo recurso disponível, mas as práticas de captação também dependem das condições climáticas, bem como da estrutura agrícola e industrial do país.



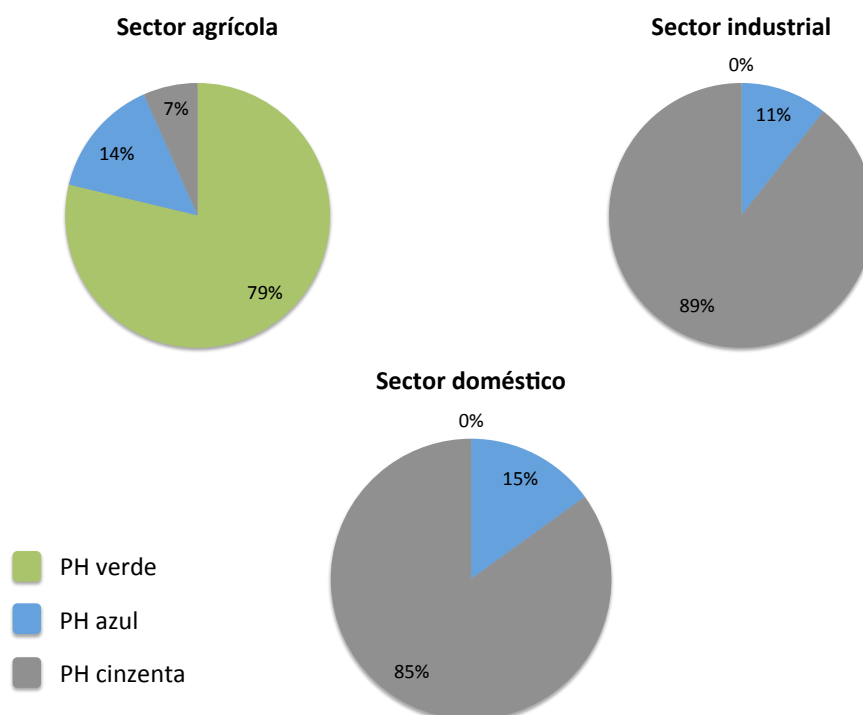
**Figura 2.3:** Consumo de água por sector na Europa, ano 2006. (Adaptado de FAO 2013)

Segundo o relatório Planeta Vivo realizado pela World Wildlife Fund (WWF) em 2008, Portugal encontrava-se na 6ª posição entre os países com uma pegada hídrica de consumo mais elevada, por habitante. Na sequência deste resultado foi desenvolvido um estudo mais detalhado sobre os consumos de água em Portugal, utilizados para produzir os bens e serviços consumidos no país. Deste estudo, editado em 2010, resultou que os consumos de água em Portugal são devidos, principalmente, ao sector agrícola com 94% e que possui uma elevada dependência externa, com mais de metade da água de origem em outros países, com principal destaque para Espanha (Figura 2.4) (Ó et al. 2011). Assim, ao contrário do padrão de consumo global da Europa, Portugal apresenta maiores consumos de água no sector agrícola, seguido do industrial e doméstico com 3,2% e 2,8%, respectivamente.

No entanto, nem toda a procura de água pelos sectores é realmente aproveitada, na medida em que há uma parcela importante associada à ineficiência de uso, e perdas relativas à água que é efectivamente captada. Na verdade, a ineficiência nacional no uso da água corresponde a 41% da procura total. Este volume ineficientemente utilizado representa um custo para o país em cerca de 0,64% do PIB, assim o recurso é desperdiçado e acaba por não ser utilizado com a devida eficiência. A Figura 2.5 mostra a responsabilidade que cada sector tem em relação ao volume total de água desperdiçado, constatando-se que há menores desperdícios no sector industrial com 29% e os restantes com 42% para ambos os sectores (INAG 2013).

Em especial no sector industrial, a água utilizada tem diversas finalidades, tais como limpeza, aquecimento, refrigeração, produção de vapor, transporte de substâncias dissolvidas ou partículas, como a matéria-prima, como solvente e parte integrante dos produtos. Os volumes de água industrial captada são bastante diferentes dentro dos vários





**Figura 2.4:** Pegada hídrica total, por sector em Portugal. (adaptado de Ó et al. 2011)

ramos de indústria e também dentro de diferentes tipos de produção, consoante a tecnologia do processo de fabrico. Mais uma vez, verifica-se uma dependência das condições climáticas, já que, como regra, a captação de água industrial parece ser consideravelmente menor no norte do que nas regiões do sul, onde as temperaturas do ar superiores prevalecem. Segundo Karavitis, AC (2008) os maiores utilizadores industriais de água na Europa, são a indústria química, aço, ferro e indústrias metalúrgicas, e ainda a indústria de polpa e papel (Karavitis 2008).

A WBCSD refere que o sector industrial não é o maior utilizador de água doce, mas sim o sector agrícola. Isto porque grande parte desta água é subsidiada, utilizada de forma ineficiente e poluída por lixiviação de fertilizantes e pesticidas (WBCSD 1998). No entanto, segundo WWAP 2009 o sector industrial cria mais pressões sobre os recursos hídricos ao nível das descargas de águas residuais e o seu potencial de contaminação, do que propriamente na quantidade utilizada na produção.

A água é um dos requisito importante para muitos dos processos industriais, como por exemplo, aquecimento, arrefecimento, produção, limpeza, lavagem, entre outros. De um modo geral, entre 5 a 20% dos usos de água destina-se ao sector industrial, sendo que é produzida uma quantidade considerável de águas residuais. Caso não reguladas, as águas residuais industriais são uma potencial fonte de poluição, altamente tóxica. Se a diversidade de compostos orgânicos e metais pesados utilizados nos processos industriais são libertados ou descarregados para o meio ambiente estes podem causar desastres

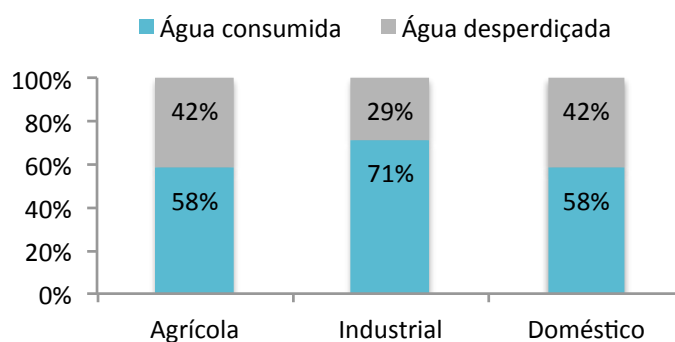


Figura 2.5: Consumo e desperdício de água por sector, em Portugal (INAG 2013).

tanto ambientais como humanos.

O uso da água no sector industrial e energético estão ambos a crescer com um rápido desenvolvimento, levando à transformação dos padrões de uso da água nas economias de mercado emergentes (WWAP 2009). O desenvolvimento da captação de água industrial é uma das principais causas de poluição da água no mundo. O que se deve ao rápido crescimento industrial em diferentes países, e ainda agravado pelo facto de que a maior parte do consumo é descarregado como água residual para os cursos de água naturais, e grande parte não tratada ou só parcialmente purificada (Shiklomanov 1998). O uso insustentável dos recursos hídricos pelos seres humanos, manifesta-se por todo o mundo em aquíferos tornando-se gradualmente esgotados, com rios a secar, e a da qualidade da água a deteriorar-se (Postel 2000).

No entanto o sector do *oil and gas* apresenta riscos elevados no que diz respeito ao recurso água. Segundo a CONCAWE (Den Haan 2012) a indústria petrolífera lida com a água em volumes comparáveis aos hidrocarbonetos, sendo a água um recurso indispensável nas suas operações. A intrínseca interdependência entre a energia e água torna-se mais complexa à medida que o crescimento económico, o aumento da população, a crise energética e os impactes das alterações climáticas se intensificam (APA 2012).

## 2.3 Qualidade da água

### 2.3.1 Introdução

No início do século XXI, o mundo encontra-se perante uma crise global de água. Esta crise diz respeito tanto a nível da qualidade, como da quantidade de água, causada pelo aumento populacional, industrialização, produção de alimentos, aumento dos padrões de vida e por fracas estratégias no uso de água (Corcoran et al. 2010).

A qualidade de uma massa de água superficial pode variar em função de influências naturais e/ou actividades humanas. Sem a influência humana, a qualidade da água será determinada pelo intemperismo de minerais da terra firme, pelos processos atmosféricos de evapotranspiração e pela deposição de poeira e sal pelo vento, pela lixiviação natural

de matéria orgânica e nutrientes do solo, por factores hidrológicos, e por processos biológicos no ambiente aquático que podem alterar a composição física e química da água. Como resultado, a água no ambiente natural contém muitas substâncias dissolvidas e partículas não dissolvidas. Os sais dissolvidos e sais minerais são componentes necessários de uma água de boa qualidade, pois ajudam a manter a saúde e vitalidade dos organismos que dependem desse serviço do ecossistema (United Nations Global Environment Monitoring System GEMS Water Programme 2008).

A qualidade da água pode ser descrita como um termo usado para descrever as características químicas, físicas e biológicas da água, geralmente em relação a sua adequação para um determinado propósito. Ou ainda pode ser descrita como um termo neutro que se relaciona com a composição da água em função de processos naturais e actividades humanas. A qualidade da água está também relacionada com o uso específico, e é normalmente medida em termos de concentrações dos constituintes. O nível de qualidade da água baseia-se na avaliação das quantidades e parâmetros medidos, que são então comparados com os padrões de qualidade da água, objectivos ou critérios (United Nations Global Environment Monitoring System GEMS Water Programme 2008).

Em várias regiões do mundo, a qualidade dos recursos hídricos está a diminuir rapidamente. Existem inúmeras causas deste descargas industriais, escoamentos agrícolas, intrusão salina, redução da capacidade de assimilação dos poluentes, até à diminuição do caudal dos cursos de água, entre outros. Esta redução da qualidade da água pode levar a maiores custos de tratamento de água para que possam ser atingidos os padrões de qualidade da água exigidos (SABMiller e WWF-UK 2009).

### 2.3.2 Padrões de qualidade da água

Com a Directiva-Quadro da Água 2000/60/CE (DQA) iniciou-se uma nova era na política europeia de gestão da água. Estabeleceram-se padrões de qualidade da água e limites de emissão para a indústria e para a agricultura. De acordo com esta Directiva todas as águas devem ser objecto de estudo e protecção, introduzindo-se o conceito de gestão baseada em bacias hidrográficas, a noção de uso sustentável da água com o princípio do utilizador /pagador, e o controlo da poluição.

Em Portugal o Decreto-Lei (DL) nº 236/98, de 1 de Agosto, transpõe a DQA, e estabelece as normas, critérios e objectivos de qualidade para a protecção do domínio hídrico e para a melhoria da qualidade das águas, tendo em consideração os seus diferentes usos. O capítulo VI, do mesmo decreto, diz respeito às condições exigidas para a descarga de águas residuais em cursos de água, nas águas subterrâneas, no solo e no oceano. O anexo I - estabelece os critérios de qualidade das águas doces superficiais destinadas à produção de água para consumo humano, divididos em A1, A2 e A3. O anexo XVIII - estabelece valores limites de emissão na descarga de águas residuais. O anexo XIX - lista de famílias de substâncias perigosas, e o anexo XXII - métodos analíticos de referência para a descarga de águas residuais.

Segundo a Directiva-Quadro da Água a poluição define-se como a “introdução directa ou indirecta, em resultado da actividade humana, de substâncias ou de calor no ar, na água ou no solo, que possa ser prejudicial para a saúde humana ou para a qualidade dos ecossistemas aquáticos ou dos ecossistemas terrestres directamente dependentes dos ecossistemas aquáticos, que dê origem a prejuízos para bens materiais, ou que prejudique ou interfira com o valor paisagístico/recreativo ou com outras utilizações legítimas do ambiente”.

Para avaliar a qualidade de uma massa de água e caracterizar um meio hídrico, existem diversos parâmetros, categorizados segundo o DL n.º 236/98 como organolépticos, físico-químicos, relativos a substâncias indesejáveis e tóxicas, parâmetros microbiológicos e radiológicos, que auxiliam essa análise.

Dos parâmetros organolépticos, fazem parte a cor, turvação, cheiro e sabor. Os parâmetros físico-químicos integram o pH, condutividade, cloretos, sulfatos, sólidos dissolvidos totais, oxigénio dissolvido, entre outros. Relativo às substâncias indesejáveis engloba nitratos, nitritos, azoto amoniacal, carbono orgânico total, hidrocarbonetos dissolvidos ou emulsionados, fósforo, sólidos suspensos totais, entre outros. Dos parâmetros tóxicos fazem parte compostos tais como cianetos, mercúrio, hidrocarbonetos policíclicos e aromáticos, entre outros. E por último nos parâmetros microbiológicos enquadram-se os coliformes totais e fecais, estreptococos fecais, entre outros. No entanto as águas têm diferentes parâmetros prioritários de monitorização, consoante a sua finalidade e meio em que se enquadra.

### 2.3.3 Descrição dos parâmetros de qualidade

Segue-se a descrição de alguns dos parâmetros de qualidade enunciados, de forma a esclarecer a sua importância para o recurso hídrico.

Os nitratos são um constituinte azotado com elevada importância, na medida em que constitui, por um lado, um componente essencial à formação da biomassa das plantas e animais, e, por outro lado, funcionam como um poluente importante das águas superficiais e subterrâneas, utilizadas para produzir água para consumo humano. Devido à sua elevada solubilidade, e por constituírem as formas azotadas onde o estado oxidativo é máximo, os nitratos constituem uma forma usual de acumulação, em particular nas águas subterrâneas (Mendes e Oliveira 2004). Os valores admissíveis de nitratos, segundo o DL n.º 236/98, para poder considerar uma água doce superficial boa para consumo, varia entre os 25 e 50 mg/L  $\text{NO}_3$  (Ministério do Ambiente 1998). A nível Europeu a Directiva 91/676/CEE, do Conselho, de 12 de dezembro de 1991, tem por objectivo proteger a qualidade das águas em toda a Europa, através da adopção de medidas destinadas a impedir que os nitratos de origem agrícola poluam as águas subterrâneas e de superfície, e a adopção de boas práticas agrícolas.

O azoto amoniacal pode aparecer na água, com origem, geralmente, de processos degradativos de materiais residuais de origem vegetal ou animal. Os valores de Azoto

devem ser interpretados com cuidado, tendo em atenção os teores em nitritos e nitratos, bem como a população microbiana. Nas águas superficiais correntes, cujo pH se situa entre 6,5 e 8,5, o azoto amoniacal encontra-se principalmente na forma ionizada, pouco tóxica. O amoníaco pode afectar a eficiência dos tratamentos de desinfecção, devido à sua reacção com o cloro livre disponível. O azoto amoniacal pode constituir um meio preferencial para o desenvolvimento de microrganismos, responsáveis pela formação de sabores e aromas desagradáveis na água (Mendes e Oliveira 2004). Os valores admissíveis de azoto amoniacal, segundo o DL n.º 236/98, para poder considerar uma água doce superficial boa para consumo, varia entre os 0,05 e 4,00 mg/L  $\text{NH}_4$  (Ministério do Ambiente 1998).

Os hidrocarbonetos dissolvidos, ou emulsionados ou simplesmente óleos minerais, podem contaminar um recurso hídrico por diversas vias, nomeadamente na sequência do escoamento de cisternas, rupturas de oleodutos, perdas no decurso de operações de transporte ou transfega, entre outros. Alguns organismos podem sintetizar hidrocarbonetos policíclicos, surgindo assim situações de poluição natural. A biodegradabilidade ambiental deste composto é lenta, podendo persistir anos em especial lençóis freáticos e rochas circundantes, desde que porosas. O problema associado à contaminação ambiental por hidrocarbonetos, dissolvidos ou emulsionados, a nível dos oceanos ou outra massa de água, correspondem a situações tipificáveis de poluição, abordadas a outros níveis que não o da qualidade da água para consumo humano. Os filmes de hidrocarbonetos resultantes de poluições acidentais são de uma forma geral, eliminados naturalmente. (Mendes e Oliveira 2004). Os valores admissíveis de hidrocarbonetos dissolvidos ou emulsionados, segundo o DL n.º 236/98, para poder considerar uma água doce superficial boa para consumo, varia entre os 0,05 e 1,00 mg/L (Ministério do Ambiente 1998).

A disponibilidade de oxigénio é um dos indicadores com maior importância na descrição das condições das massas de água, porque é necessário para a maioria dos organismos. Aumentos de OD pode demonstrar melhorias na qualidade da água, como tem acontecido em muitas partes do mundo, nos últimos 30 anos (UNEP 2008). Os valores admissíveis de OD, segundo o DL n.º 236/98, para poder considerar uma água doce superficial boa para consumo, varia entre os 3 e 7% de saturação de  $\text{O}_2$  (Ministério do Ambiente 1998).

A quantidade de oxigénio necessária para oxidar e dissolver as partículas é denominada de carência química de oxigénio(CQO) que é uma medida de contaminação orgânica, ou seja mede a quantidade de compostos orgânicos na água (Kawabe e Kawabe 1997; Liu et al. 2010). Os valores admissíveis de CQO, segundo o DL n.º 236/98, para poder considerar uma água doce superficial boa para consumo, têm de ser inferiores a 30 mg/L  $\text{O}_2$  (Ministério do Ambiente 1998).

A carência biológica de oxigénio, a 5 dias ( $\text{CBO}_5$ ) define-se como a quantidade de oxigénio dissolvido (OD) habitualmente expresso com as unidades em mg/L, que é consumido durante a oxidação biológica aeróbia da matéria orgânica e/ou inorgânica, contida

na amostra, após incubação a 20 °C, em ambiente escuro (J. Peixoto 2007). A CBO<sub>5</sub> é considerado um indicador de poluentes na água. Os valores admissíveis de CBO<sub>5</sub>, segundo o DL n.º 236/98, para poder considerar uma água doce superficial boa para consumo, variam entre 3 e 7 mg/L O<sub>2</sub> (Ministério do Ambiente 1998).

## 2.4 A Pegada Hídrica

### 2.4.1 Conceitos Gerais

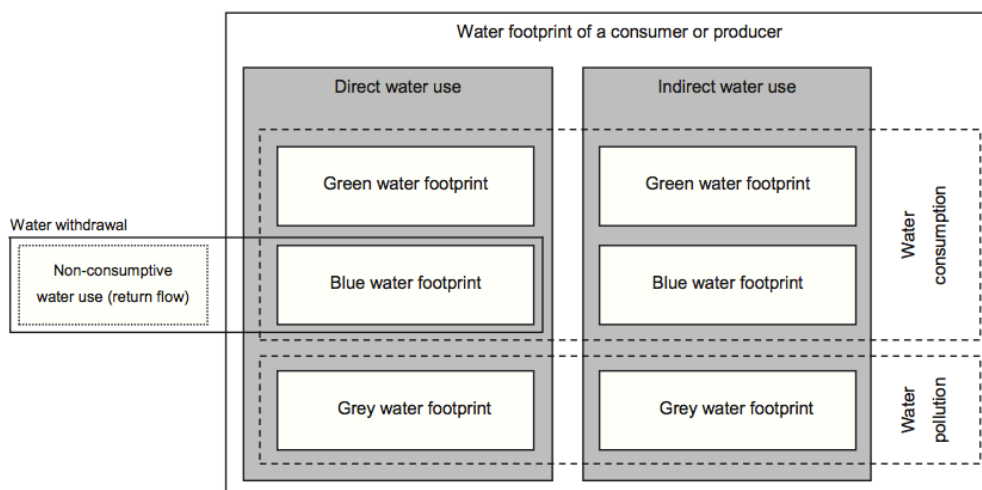
A pegada hídrica (PH) é um indicador de uso de água, introduzido em 2002 por Hoekstra, que tem por base o conceito de água virtual, desenvolvido por Allan em 1996. A água virtual de um produto consiste na quantificação da água necessária para a sua concepção ou a que é incorporada no mesmo (Hoekstra 2003). No entanto o termo “virtual” assume destaque no conceito, na medida em que produtos importados e exportados também contêm água. Por exemplo, se um país exportar para outro, produtos que implicam consumos de água, significa que o primeiro exporta virtualmente a sua água para o segundo. Através da simples transacção de produtos, há de certa forma uns países que suportam outros relativamente às suas necessidades hídricas, formando assim um comércio de água virtual. A água virtual é considerada uma ferramenta mais apropriada para determinar o movimento da água através do comércio internacional (WWAP 2009).



**Figura 2.6:** Esquema da Pegada Hídrica (adaptado de Hoekstra, Chapagain et al. 2011)

A PH quantifica a água doce e a poluição resultante da actividade directa e indirecta,

ao longo da cadeia de um produto, serviço ou país. Este indicador baseia-se na agregação de três sub-indicadores (Figura 2.6), dos quais a água azul, verde e cinzenta. A PH azul corresponde ao volume de água doce consumido com proveniência de recursos naturais superficiais ou subterrâneos. O consumo de água refere-se à perda de água disponível, na bacia hidrográfica em que essa água é retirada. A perda ocorre quando a água captada evapora, retorna a outra bacia ou ao mar, ou quando é incorporada no produto. A PH verde apresenta o volume de águas pluviais aproveitadas no processo de produção, desde que nessa água não haja escoamento superficial. Já a PH cinzenta, é caracterizada como um indicador de poluição da água que quantifica o volume de água doce necessária para diluir a carga de poluentes, de modo a que sejam atingidos os padrões de qualidade da água. A quantificação de água é medida em termos de volume da água consumida e poluída, por unidade de tempo, e reflecte também o espaço geográfico em que a água é utilizada.



**Figura 2.7:** Representação das componentes directa e indirecta da pegada hídrica (Hoekstra, Chapagain et al. 2011)

Assim, a Figura 2.7 demonstra a abrangência da PH face a outros conceitos existentes. Assim o uso directo de água refere-se à água utilizada por um consumidor ou do próprio produtor, ou seja, a água usada em casa, a água utilizada para produzir, fabricar e apoiar actividades (Gerbens-Leenes e Hoekstra 2008).

Quando comparada com os restantes indicadores de uso de água a PH oferece uma perspectiva mais ampla em comparação com a água virtual e água captada. Os conceitos PH e água virtual são utilizados para descrever as relações entre a gestão da água, do comércio internacional e da política, e as políticas e uso de recursos hídricos, no que se refere ao consumo humano (WWAP 2009). A PH também pode ser interpretada como um conteúdo de água virtual, mas o que a distingue é a sua abrangência e multidisciplinaridade, uma vez que a PH exprime volumes de consumo de água por fonte de água e volumes contaminados por fonte de poluição, além de que todos os componentes da



pegada são especificados geográfica e temporalmente (Hoekstra, Chapagain et al. 2011).

A força do conceito PH deve-se principalmente à forma como fornece uma perspectiva alargada na gestão da água do sistema, e permite assim um entendimento mais profundo da utilização da água. A PH integra o uso da água e da poluição sobre a cadeia de abastecimento (Galli et al. 2011).

Encontra-se em desenvolvimento desde 2010, pela *International Organization for Standardization*, a norma ISO 14046 relativa à PH com princípios, requisitos e orientações. Esta norma visa a criação de um padrão para a PH, baseada na análise e ciclo de vida de um produto, levando a uma maior abrangência e integração do conceito (Ridoutt e Pfister 2012).

Segundo Ridoutt et al. (2009), o consumo de água é mais preocupante no sector agrícola, visto apresentarem maiores consumos de água e haver envolvimento de pesticidas e fertilizantes que comprometem a qualidade da água drenada. Assim o cálculo da PH é mais direccionada para essa actividade, no entanto a Galp Energia, não podia deixar de perceber qual o impacte da sua actividade nesta temática da água (Ridoutt, Eady et al. 2009).

O conceito da PH constitui um passo importante na avaliação dos impactes relativos aos usos da água. No entanto, as pegadas de água volumétricas não abordam a questão da disponibilidade de água ou escassez, que muitas vezes é motivo de preocupação na avaliação dos impactes associados ao consumo de água doce (Jeswani e Azapagic 2011). Segundo um estudo realizado pela SABMiller e WWF-UK, em 2009, a PH por si só não fornece todas as respostas ou soluções, mas permite uma melhor compreensão necessidades volumétricas absolutas, os custos de oportunidades da água utilizada, e os impactos para os ambientes e as pessoas que podem se tornar riscos materiais (SABMiller e WWF-UK 2009).

### 2.4.2 A Pegada Hídrica azul

A PH azul é um indicador que representa o consumo da água doce superficial e subterrânea num determinado período, muitas vezes também denominado de água azul (Hoekstra, Chapagain et al. 2011).

É de salientar a distinção entre o termo uso e consumo de água. O primeiro, uso da água, corresponde à mobilização de uma determinada quantidade de água para um certo fim. Porém, uma parte dessa água é retornada ao ambiente no mesmo ou, geralmente, noutro local, imediatamente ou passado algum tempo, mas raramente com a mesma qualidade. A parte que não retorna ao ambiente original corresponde ao consumo, constituindo assim a parte do recurso hídrico que é extraída do ciclo natural da água (Pereira 2007).

Segundo Hoekstra et al. (2011), o consumo de água ocorre quando a água:

- Evapora;
- É incorporada no produto;



- Não retorna à mesma bacia hidrográfica, escoando para outra bacia ou para o mar;
- Não retorna no mesmo período climático, isto é, quando é retirada num período de seca e retorna num período de chuva.

A água evaporada representa geralmente o consumo mais significativo, no entanto as restantes componentes não devem ser menosprezadas. Toda a evaporação associada à produção deve ser contabilizada, como por exemplo a água que evapora durante o processo de armazenagem, transporte, aquecimento de águas ou descargas de efluentes (Hoekstra, Chapagain et al. 2011).

### 2.4.3 A Pegada Hídrica verde

A PH verde ou água verde é um indicador de uso, que retrata o volume de água da chuva utilizada durante o processo de produção. Esta água representada pela precipitação ocorrida numa superfície continental, não é escoada nem reposta na água subterrânea, mas sim armazenada temporariamente no solo, na sua superfície ou vegetação existente. Na prática corresponde à precipitação que evapora ou é transpirada pela própria planta.

Esta pegada é particularmente relevante para produtos agrícolas ou florestais, os quais têm capacidade de absorver parte dessa água precipitada, e poder assim incorporá-la na sua constituição (Hoekstra, Chapagain et al. 2011). No entanto para esta dissertação não será aplicada esta componente da pegada hídrica, uma vez que não existe nenhuma utilização de águas da chuva no processo de armazenagem de combustíveis. Um estudo realizado por Hagman, J. et al. (2013), realça que o diesel fóssil não requer nenhuma água verde, ao contrário dos biocombustíveis, com particular aplicação na produção de óleo a partir de *jatropha*. Embora os combustíveis recebidos no parque possam conter biocombustíveis, estes não terão nenhum consumo acrescido por esta razão. A distinção entre a PH azul e a PH verde é importante, uma vez que os impactes hidrológicos, ambientais e sociais, bem como os custos de oportunidades referentes ao uso de águas superficiais e subterrâneas para a produção diferem muito dos impactes e custos dos usos da água da chuva (Arjen Y Hoekstra 2008). A água verde e azul estão intimamente ligadas, pois onde o aumento dos fluxos de água verde azul reduzir a disponibilidade de água, e onde a diminuição dos fluxos de água verde, reduz as chuvas e, portanto, a longo prazo, reduz consequentemente os padrões de chuva e de produção de água azul (Hoekstra, Chapagain et al. 2011).

### 2.4.4 A Pegada Hídrica cinzenta

A PH cinzenta é um indicador do grau de poluição da água, que se refere ao volume de água necessária para assimilar o efluente produzido, ou seja, este indicador expressa o volume de água necessário para diluir a carga poluente, de modo a que a qualidade da água no seu estado natural, seja mantida acima dos padrões mínimos aceitáveis. O termo

diluição da água é aqui empregue de forma a expressar o significado do indicador e não como acto em si.

Segundo Hoekstra et al. (2011), a ideia de expressar a poluição da água em termos de volume de água necessária para diluir efluentes, não é recente. Falkenmark e Lindh em 1974 sugeriram, como regra básica, usar um factor de diluição equivalente a 10 a 50 vezes o fluxo de águas residuais. Em 1996, Postel et al. aplicaram um factor de diluição para a absorção de efluentes de 28 litros por segundo para cada 1000 pessoas. No entanto estes factores genéricos de diluição não explicitam os tipos de poluição e os níveis de tratamento antes do lançamento, mas assumem implicitamente, algumas características médias do fluxo de efluentes domésticos (Postel, Daily e Ehrlich 1996). Chapagain propõe que o factor de diluição seja dependente do tipo de poluente e a utilização do padrão de qualidade da água no seu estado natural, para um determinado poluente, como critério para quantificar a necessidade de diluição. O termo PH cinzenta como é explicado anteriormente, foi utilizado pela primeira vez por Hoekstra e Chapagain em 2008 e foi definido como a carga de poluente dividida pela concentração máxima aceitável no corpo de água receptor. Posteriormente, reconheceu-se que a PH cinzenta é calculada com mais precisão dividindo-se a carga de poluente pela diferença entre a concentração máxima aceitável e a concentração natural (Hoekstra, Chapagain et al. 2011).

O cálculo da PH cinzenta (Equação 2.1) é obtido pela divisão da carga poluente, expressa em unidades de massa por tempo, pela diferença entre a concentração máxima ( $C_{max}$ ) admissível dos padrões de qualidade da água para um determinado poluente e a concentração natural ( $C_{nat}$ ) do meio aquático receptor, ambos em unidades de massa por volume.

$$PH_{cinzenta} = L / (C_{max} - C_{nat}) \quad [volume/tempo] \quad (2.1)$$

A concentração natural da água, corresponde à concentração existente sem intervenção humana. No entanto não seria correcto utilizar a concentração real do meio receptor, visto este indicador pretender demonstrar a capacidade de assimilação utilizada, definida em função da diferença entre a  $C_{máx}$  e  $C_{nat}$ . Para substâncias de origem humana que não ocorrem naturalmente na água, ou quando as concentrações naturais não são conhecidas com precisão, mas são consideradas baixas, considera-se que a  $C_{nat} = 0$ . Contudo esta assumpção resultará numa subestimação, quando  $C_{nat}$  não é realmente zero.

O resultado de uma PH cinzenta maior que zero não significa, obrigatoriamente, que os padrões ambientais foram violados, mostra assim que parte da capacidade de assimilação já foi utilizada. Os padrões de qualidade da água, geralmente definidos pela legislação, variam em função do país, no entanto nem todos os países têm estes padrões definidos (Hoekstra, Chapagain et al. 2011). Na União Europeia (UE) Directiva-Quadro da Água (2000/60/CE) (DQA) estabelece um enquadramento para a protecção das águas de superfície interiores, das águas de transição, das águas costeiras e das águas subterrâneas.

### 2.4.5 A Pegada Hídrica de um produto

A PH de um produto é definida como o volume total de água doce que é utilizado directa e indirectamente no processo de concepção. A sua estimativa é feita com base nos consumos e na poluição da água em todas as etapas da cadeia produtiva, sendo aconselhada que a sua análise seja dividida pelos diferentes passos do processo de concepção. O cálculo é semelhante para qualquer tipo de produto, independentemente do sector de produção, englobando a água azul, verde e cinzenta. A PH de um processo é expressa em termos de volume de água, por unidade de tempo. Este quando dividido pela quantidade de produto, resultante do processo, é expressa como o volume de água, por unidade de produto. Assim a PH de um produto é expressa sempre em termos de volume de água por unidade de produto. Dependendo do nível de detalhe desejado para o estudo, a PH pode ser expressa por dia, mês ou ano (Hoekstra, Chapagain et al. 2011).

De forma a calcular a PH de um produto é importante distinguir as diferentes fases do processo de produção do mesmo, de modo a poder contabilizar todas as etapas associadas à mesma. A PH de um produto não é igual de ano para ano, nem de mês para mês (Ridoutt, Eady et al. 2009).

Se uma empresa tiver diversos produtos, a soma da PH de cada um irá representar a PH da empresa. Esta pegada é assim representada pela cadeia operacional e de abastecimento, englobando os consumos directos e indirectos de água associados à empresa. Assim a PH de uma simples etapa do processo é a base de todos os cálculos da PH.

A PH individual de um consumidor resulta da PH dos diversos produtos consumidos, ou se quisermos determinar a PH de um conjunto de consumidores ou comunidade corresponde à soma individual dos elementos da comunidade. A PH de um fabricante ou qualquer tipo de empresa corresponde à soma das PH dos produtos que comercializam (Hoekstra, Chapagain et al. 2011). Segundo Gerbens-Leenes, P.W. et al. (2012), os estudos da PH servem para dois propósitos na gestão dos recursos hídricos. Em primeiro lugar, os dados sobre a PH de produtos, consumidores e produtores informa sobre o uso de água doce sustentável, equitativo e eficiente e a sua alocação. A água doce é escassa, a sua disponibilidade é limitada. Em segundo lugar, as contas PH ajudam a estimar os impactos ambientais, sociais e económicos locais.

Segundo Ridoutt et al. (2009), as *commodities* (mercadorias e matérias-primas) são uma preocupação especial para a análise da PH ao nível de um produto, devido à necessidade de localizar a fonte de água.

### 2.4.6 Avaliação da Sustentabilidade da Pegada Hídrica

A avaliação da sustentabilidade da PH visa comparar a PH humana com o que a Terra pode suportar de modo sustentável. Ou seja, para se ter uma ideia do que significa o tamanho da PH é necessário compará-la com os recursos hídricos disponíveis, de forma

análoga à pegada ecológica quando esta é comparada com o espaço biologicamente produtivo disponível. A sustentabilidade da PH depende em parte dos contextos geográficos onde os diversos componentes da PH de um produto, produtor ou consumidor são localizados e em particular às bacias e sub-bacias que englobam (Hoekstra, Chapagain et al. 2011).

No entanto nesta dissertação não será abordada a avaliação da sustentabilidade da PH, visto para tal ser necessário avaliar a sustentabilidade da PH total da bacia onde o processo está localizado, o qual não é o objectivo do presente estudo.

#### 2.4.7 Análise SWOT

Procurou-se ao longo deste subcapítulo, verificar quais os pontos fortes e fracos, oportunidades e ameaças associadas à PH, listadas de seguida como uma análise SWOT:

##### **Forças - *Strenghts***

- Perspectiva alargada na gestão da água ao longo da cadeia de suporte, e permite um entendimento mais profundo da utilização e poluição da água (Galli et al. 2011).
- A metodologia da PH fornece uma ferramenta útil para investigar a relação entre as actividades humanas e o consumo de água (Gerbens-Leenes, Lienden et al. 2012).
- A PH fornece um valor único para representar a complexa relação entre o consumo e a produção em vários tipos de usos de recursos e em múltiplas escalas (Knoloblauch e Neubauer 2010).
- Comparável ao longo do tempo e entre países, medindo o uso de recursos com base em dados de séries temporais globais e inclui o uso de água directa e indirecta (Knoloblauch e Neubauer 2010).
- Fornece uma perspectiva mais adequada e mais ampla de como um consumidor ou produtor se relaciona com o uso de sistemas de água doce (Hoekstra, Chapagain et al. 2011). A PH liga, assim, consumidores finais e empresas intermediárias e comerciantes para a água utilizada em toda a cadeia de produção de um produto. Isto é relevante, pois a utilização de um consumidor de água directa é, geralmente, pequena, quando comparada com a sua utilização a água indirecta, e a utilização de uma actividade de água operacional é geralmente pequena em comparação com a utilização de água da cadeia de fornecimento. Desta forma, o quadro de dependência de consumidores e empresas associadas ao recurso água pode mudar radicalmente (Knoloblauch e Neubauer 2010).

**Fraquezas - *Weaknesses***

- Dificuldade em relacionar a PH com potenciais danos sociais e ambientais. Em geral existe uma lacuna na metodologia da avaliação do impacto para o uso da água. Esta situação é agravada devido à dificuldade em identificar os locais específicos de onde a água é captada (Ridoutt, Eady et al. 2009). Carece de uma avaliação concreta dos impactos associados ao recurso água (Knoloblauch e Neubauer 2010).
- Representa apenas a quantidade de água utilizada, sem uma estimativa dos impactos ambientais relacionados com a falta de dados necessários, e a estimativa de PH cinzenta é subjetiva (Jeswani e Azapagic 2011).
- Medida pobre ao nível da resolução geográfica (Guieysse, Béchet e Shilton 2012).
- Não é uma ferramenta eficaz para ajudar os consumidores a escolher entre diferentes produtos (SABMiller e WWF-UK 2009).
- Falta de um modelo padronizado que permita a comparação de pegadas entre as áreas, sendo sugerido uma abordagem alternativa, combinando a PH com o índice escassez hídrica (Pfister e Hellweg 2009).
- A falta de distinção entre uso sustentável e insustentável da água. Num caso, um determinado volume de água pode ter pouco efeito sobre o ecossistema local, em outro caso, a mesma quantidade de consumo de água pode exceder em muito o ponto crítico (Knoloblauch e Neubauer 2010).
- O facto sintetizar a informação num único valor também pode se considerar como uma fraqueza, uma vez que pode levar a confusões sobre o que é integrado no indicador final global e a forma de como pode ser interpretado o resultado, podendo suscitar perdas de informação (Knoloblauch e Neubauer 2010).

**Oportunidades - *Opportunities***

- Relevante para a política de gestão da água, e pode também ajudar a antecipar a escassez hídrica, tornando-se, assim, também socialmente relevante (Knoloblauch e Neubauer 2010).
- Potencial aplicação em diversas aplicações (Ridoutt, Eady et al. 2009).
- Desenvolver estratégias e priorizar acções que visem reduzir o consumo de água (Ridoutt, Eady et al. 2009)
- Fornece uma base para a avaliação de riscos para a cadeia de suporte e operacional, associado às alterações climáticas e às futuras limitações no abastecimento de água (Ridoutt, Eady et al. 2009).

### **Ameaças - Threats**

- A falta de dados com qualidade elevada, e cientificamente precisas. É importante notar que, a nível global, existem diferenças nos dados escolhidos e em técnicas de coleta de dados entre os países (Knoloblauch e Neubauer 2010).
- Falta de pessoal e recursos especializados, a fim de desenvolver e melhorar as abordagens da PH, inclusive a metodologia, a qualidade dos dados e implementação (Knoloblauch e Neubauer 2010).

## **2.5 A escassez de água**

A preservação e o uso de água é muitas vezes negligenciado nos países desenvolvidos, onde este recurso é abundante. No entanto, em certos países a água adquire outro valor e respeito devido à sua escassez. Actualmente, um quinto da população mundial, o que corresponde a mais de 1,2 mil milhões de pessoas, vivem em áreas com escassez de água, ou seja com falta de água suficiente para satisfazer as necessidades de todos (International Water Management Institute, Program e Molden 2007). A escassez hídrica é considerado um problema à escala global (Wilhite 2005).

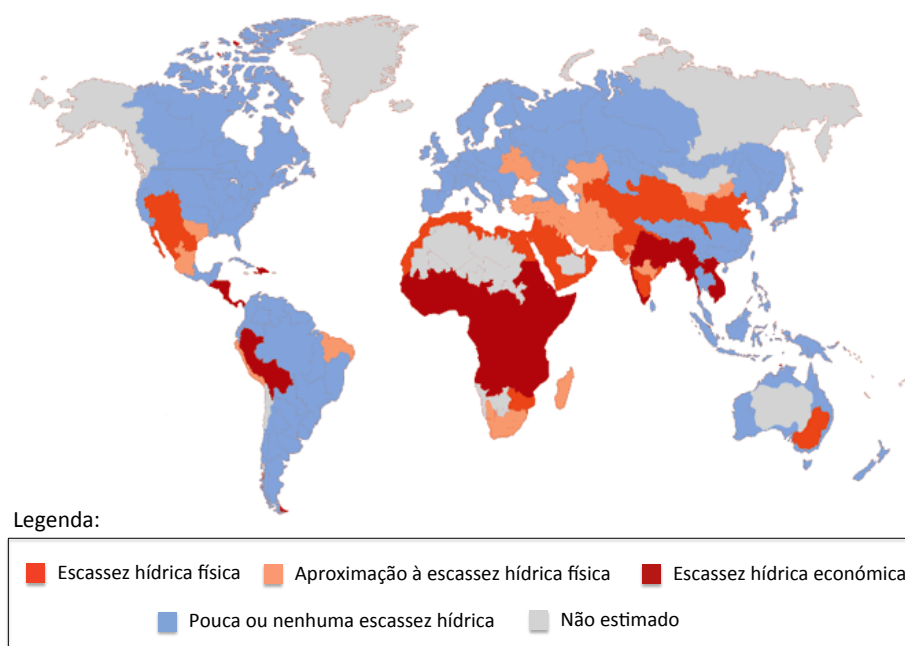
A escassez de água ocorre onde os recursos de água são insuficientes para satisfazer, a longo prazo, os requisitos médios. Refere-se a longo prazo num desequilíbrio, combinando a baixa disponibilidade de água, com o nível de procura excessiva de água relativamente à sua capacidade no sistema natural. Contudo a escassez de água ocorre em áreas com baixa pluviosidade, problemas agravados da actividade humana, em particular em áreas com elevada densidade populacional, afluência turística, agricultura intensiva e indústria de água exigente. É previsto devido à evolução das alterações climáticas, que no futuro estas regiões tenham uma situação agravada ao nível deste recurso, e que novas áreas sejam afectadas pela escassez. A combinação de menor pluviosidade e do aumento das temperaturas, pode levar a uma diminuição da água disponível, levando a impactes económicos significativos, afectando diversos sectores, nomeadamente a agricultura, florestas, energia e o fornecimento de água potável (Kossida et al. 2012). Segundo o estudo de (PNUD 2006), a maioria dos países dispõe de água suficiente para satisfazer as necessidades domésticas, industriais, agrícolas e ambientais. O problema reside apenas na sua gestão e no valor económico que é dado a este recurso.

Contudo a água pode ser um incómodo, em períodos de cheias, bem como um recurso de salvamento, para períodos de secas, no entanto ambas as condições podem ocorrer no mesmo local no período de um ano. A disponibilidade hídrica em tal situação tem pouco significado para medir a escassez de água (Rijsberman 2004).

Existem diversos indicadores que têm como finalidade transmitir a escassez do recurso água, a dificuldade de caracterização dessa escassez reside na existência de muitas facetas igualmente importantes para o uso da água, abastecimento e escassez. A selecção dos critérios pelos quais a água é avaliada podem ter por base tanto uma decisão

política, como uma decisão científica. O primeiro conceito relacionado com a escassez hídrica, surge em 1989 com o índice de Falkenmark (*The Falkenmark Water Stress Indicator*). Deste então os indicadores têm evoluído surgindo novas abordagens com variações em torno de diversos critérios. Surgem indicadores tais como *The Water Resources Vulnerability Index*, *Water Poverty Index*, *The Watershed Sustainability Index*, *The Water Supply Stress Index*, *Physical and Economic Scarcity Indicators*, entre outros (Brown e Matlock 2011; Rijsberman 2004). De seguida é apresentada uma abordagem geral do conceito de escassez hídrica.

Num relatório realizado pela IWMI em 2007, concluiu-se que o crescimento populacional é um factor importante, mas as principais razões para os problemas relacionados com a água são outros, tais como: a falta de compromisso com a água e a pobreza, insuficientes e inadequados objectivos de investimento, a capacidade humana insuficiente, instituições ineficientes, e a má governação (International Water Management Institute, Program e Molden 2007). Para Postel et al. (2007) a variação espacial e temporal da disponibilidade de água doce é muitas vezes um factor determinante para a escassez de água (Postel, Daily e Ehrlich 1996).



**Figura 2.8:** Mapa representativo das áreas com escassez de água no mundo (International Water Management Institute, Program e Molden 2007)

A Figura 2.8 mostra a situação hídrica mundial, actual. Assim a escassez de água corresponde ao ponto no qual os impactes de todos os utilizadores incidem no abastecimento ou qualidade da água, definidas de acordo com as disposições institucionais prevaletentes, de tal forma que a necessidade de todos os sectores não pode ser satisfeita por completo. Uma região apresenta escassez de hídrica quando a disponibilidade de



água doce anual é inferior a 1000 m<sup>3</sup> per capita, e escassez absoluta abaixo dos 500 m<sup>3</sup> (Kossida et al. 2012; PNUD 2006).

Segundo Rijsberman (2004) não há uma definição comumente aceite para definir escassez hídrica. Uma área qualificada como "escassa de água" depende, por exemplo de como são definidas as necessidades da população, bem como se as necessidades do meio ambiente são levadas em consideração nessa definição. Outro factor de que depende é a fracção de recurso disponibilizado, ou poderiam ser disponibilizados, para satisfazer essas necessidades. E por último as escalas temporais e espaciais utilizadas para definir a escassez (Rijsberman 2004).

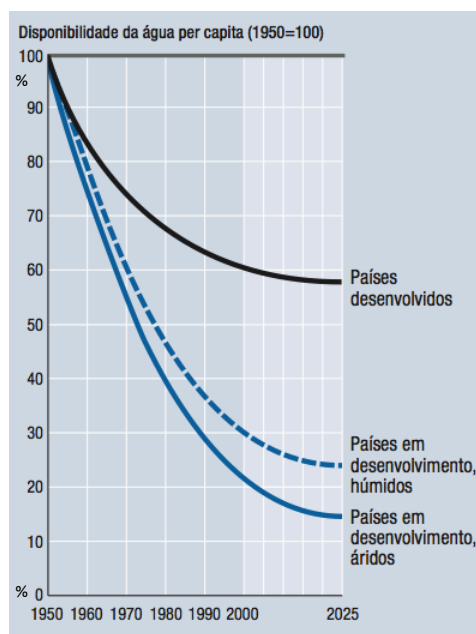
Como a escassez hídrica está associada a diversos factores, nomeadamente físicos e económicos, são resumidos de seguida esses conceitos e designações atribuídas pelo IWMI (2007).

A escassez física de água é característica de países onde o desenvolvimento dos recursos hídricos se aproxima ou já excedeu os limites sustentáveis. Ou seja, ocorre quando não há água suficiente para satisfazer todas as necessidades, inclusive os fluxos ambientais. Regiões áridas são frequentemente associadas à escassez física de água, mas a escassez hídrica também surge onde a água é aparentemente abundante, quando os recursos hídricos são utilizados de forma excessiva pelos diversos utilizadores, devido ao sobre-desenvolvimento de infra-estruturas hidráulicas, na maioria das vezes para irrigação. Nesses casos, simplesmente não há água suficiente para satisfazer a procura e necessidades humanas, bem como as necessidades ambientais. Os sintomas de escassez hídrica física são a agravada degradação ambiental, diminuindo as águas subterrâneas, e a alocação de água que favorecem alguns grupos em detrimento de outros.

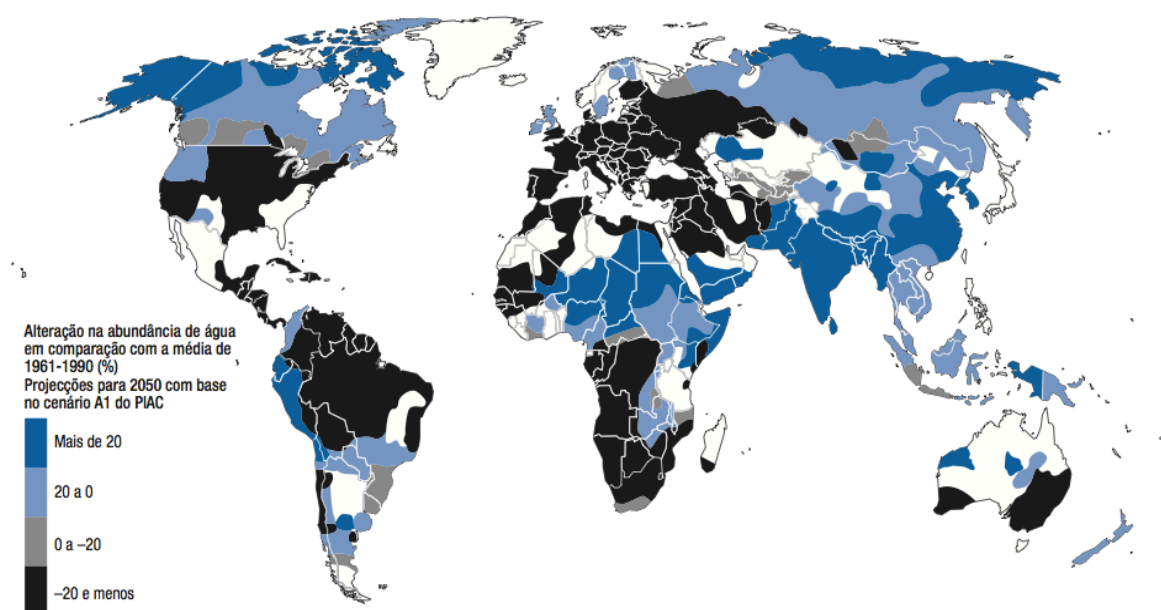
A escassez económica de água é causada pela limitação do acesso humano, institucional e/ou financeiro à água, embora esteja disponível para satisfazer as necessidades humanas. Os sintomas de escassez hídrica económica incluem o escasso desenvolvimento de infra-estruturas, seja de pequena ou grande escala, de modo que as pessoas têm dificuldade em obter água suficiente para a agricultura ou até para beber. E mesmo onde existe infra-estrutura, a distribuição de água pode ser em muitos casos injusta. Grande parte da África Subsariana é caracterizada pela escassez económica, assim o desenvolvimento de água pode contribuir em muito para a redução da pobreza.

A escassez de água é assim um cruzamento entre um fenómeno ambiental, na forma de seca, e um fenómeno social, na forma de procura de água, directa ou indirecta. A Figura 2.9 mostra um cenário de evolução da disponibilidade de água no mundo, num estudo realizado por Pitman 2002, partindo do pressuposto que no ano 1950 todos tinham 100% de disponibilidade de água. Este estudo demonstra assim a desigualdade associada à distribuição dos recursos hídricos, com distinção entre os países desenvolvidos e em desenvolvimento húmidos e áridos. Sendo estes últimos os que apresentam menor disponibilidade de água, com previsões para 2025 entre os 20 e 30%, considerando que os factores económicos se encontram subjacente a este desenvolvimento, complementando o conceito de escassez hídrica económica.





**Figura 2.9:** Cenário da disponibilidade de água no mundo, para 2025 (International Water Management Institute, Program e Molden 2007; Pitman 2002)



**Figura 2.10:** Projeções relativas à disponibilidade de água para 2050 (Arnell 2004; International Water Management Institute, Program e Molden 2007)

Segundo um estudo realizado por (Arnell 2004), relativo à disponibilidade de água para 2050 (Figura 2.10), as projeções apontam para uma redução de 30% ou mais no escoamento de água proveniente das chuvas em várias regiões do mundo. Destaca-se relativamente à redução dos recursos hídricos em menos de 20% ou mais, a Europa, região Mediterrânea, parte dos Estados Unidos da América, Brasil, Sul de África, entre outras regiões.

A escassez hídrica é de facto um problema à escala global, pois regiões com menor potencial de afectação têm notado alterações e como apontam as projecções fazer-se-ão sentir no futuro. Olhando em particular o caso da Europa, a Comissão Europeia estima que pelo menos 11% da população europeia, e 17% do seu território foram afectados pela escassez hídrica, nos últimos 30 anos (EC 2007, 2012).

Segundo Hoekstra et al. (2011) a PH de um processo, produto, produtor ou consumidor em particular originará os problemas de escassez e poluição hídrica com que actualmente nos deparamos. Mas estes problemas surgem como efeito cumulativo de todas as actividades realizadas numa determinada área geográfica (Hoekstra, Chapagain et al. 2011). Algumas políticas podem até mesmo criar cenários que à priori não eram expectáveis, tais como a exportação de biocombustíveis de regiões com escassez de água para regiões onde a água é abundante, possibilitando assim a criação de economias negativas e impactes ambientais (King, Webber e Ducan 2009).

## 2.6 O sector petrolífero

Os combustíveis como os utilizamos no nosso dia-a-dia, são resultado de uma sequência de processos, que vão desde a análise prévia à extração, passando pela concepção, até ao consumidor final. Antes de o crude ser extraído, é feita uma análise ao terreno com o objectivo de garantir a quantidade e qualidade do produto. Posteriormente é então iniciada a preparação, seguida da extração. O crude provém de diversas regiões do mundo, sendo transportado para as refinarias, através de navios ou *pipelines*. Figura 2.11

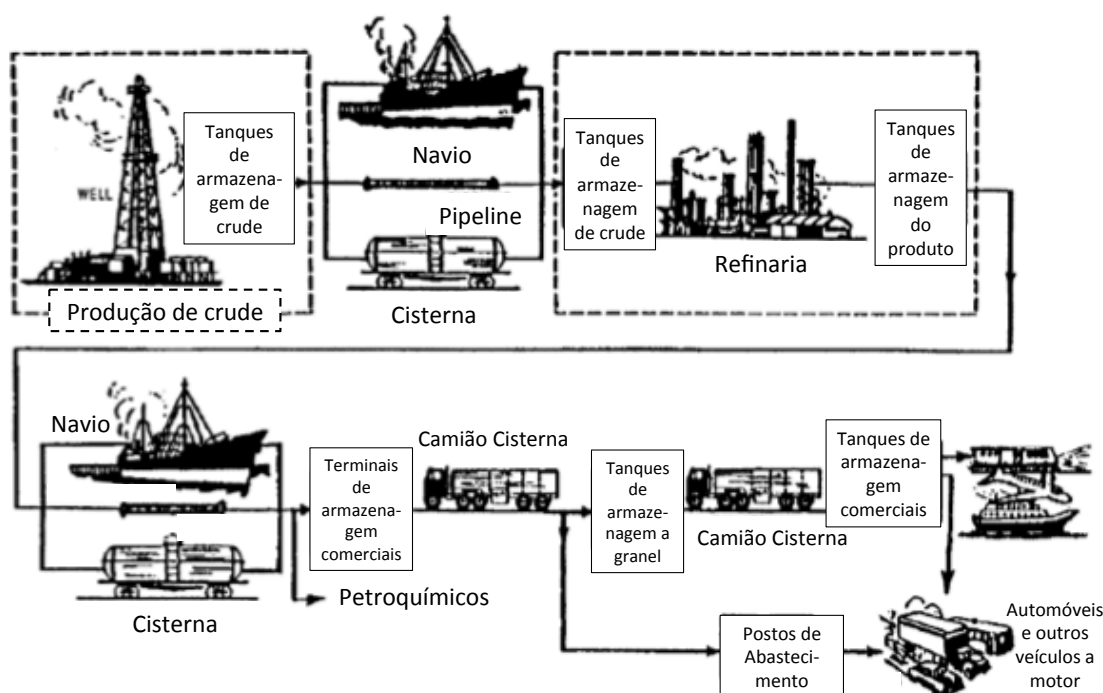
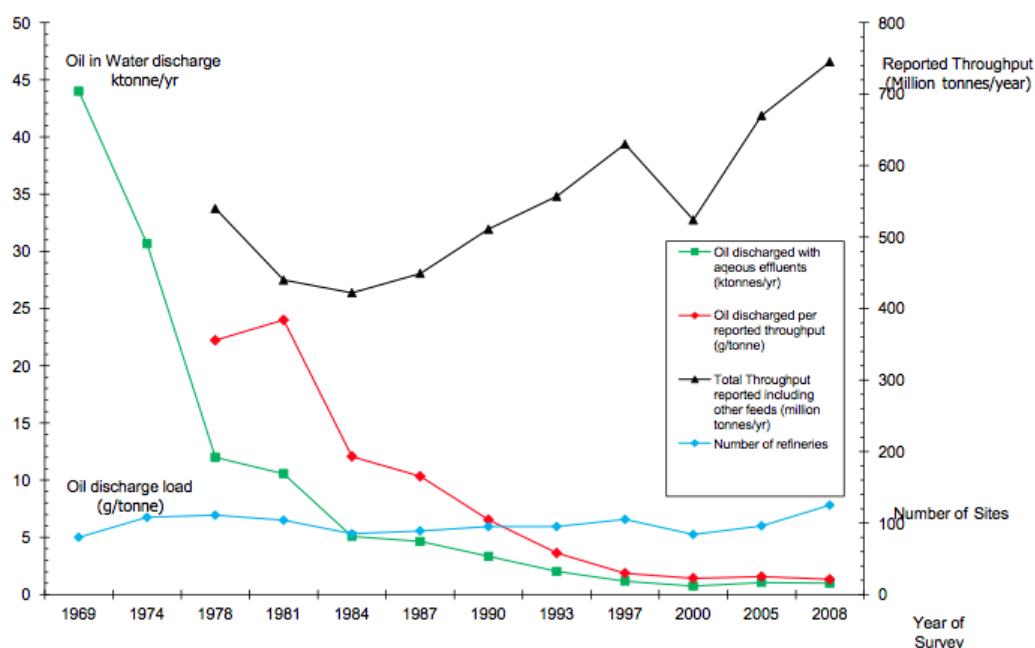


Figura 2.11: Esquema do sector petrolífero (Adaptado de APETRO e URS 2012).

Na refinaria o crude sofre diversas transformações que permitem a obtenção dos combustíveis líquidos, sob a forma que os utilizamos, bem como de outros produtos dependendo das características da instalação. Após a conversão do crude, este está pronto para ser comercializado ao público, sendo distribuído pelos parques de armazenagem, por forma a que estes abasteçam determinadas regiões, através de postos de abastecimento de revenda ao público (APETRO e URS 2012).

Ao longo do processo, desde a extração até ao consumidor final, o recurso natural água é significativo, e os impactes são um factor significativo tanto no consumo, em função da localização e necessidades, ou simplesmente na contaminação de lençóis freáticos (Scown, Horvath e McKone 2011).

Apesar do crescimento económico e expansão da procura de combustível, a indústria de refinação tem uma longa história no que diz respeito à redução de emissões directas de água. Como mostra a Figura 2.12 relativamente aos hidrocarbonetos totais derivados do petróleo, as emissões foram reduzidas de 45 000 toneladas em 1969 para apenas 933 toneladas em 2008, o que representa aproximadamente 1,3 grama por tonelada de petróleo bruto processado (CONCAWE 2012; EEA 2012).

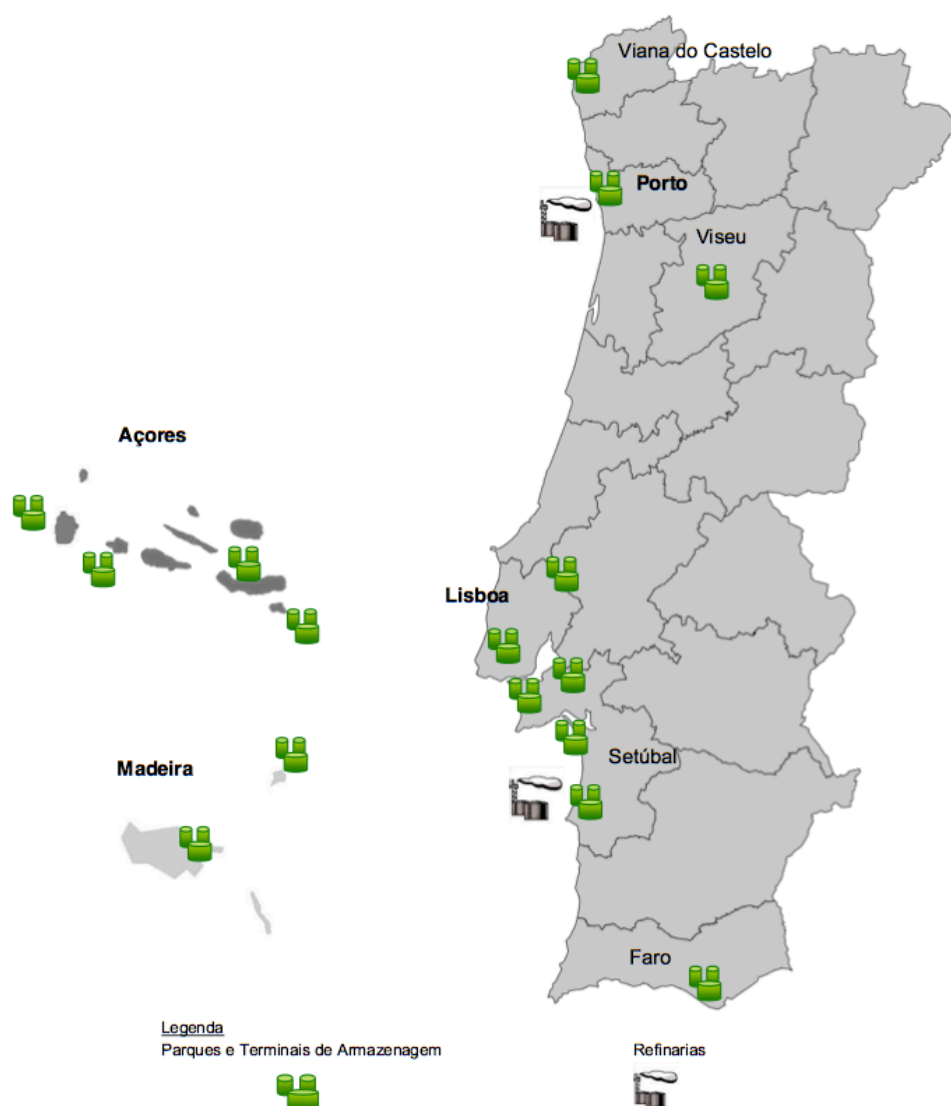


**Figura 2.12:** Tendência de descarga de hidrocarbonetos totais na indústria da refinação na Europa, entre 1969 e 2008 (CONCAWE 2012).

Um parque de armazenagem de produtos petrolíferos é tipicamente uma instalação com o objectivo de assegurar a logística destes produtos, isto é, a gestão das quantidades armazenadas bem como das expedidas de forma a garantir e otimizar o fornecimento em função das zonas a abastecer, distâncias a percorrer, tipos e quantidade de produto a expedir e transportes mais adequados até ao cliente. De acordo com as características de cada produto, tanto a sua armazenagem como os meios para a carga e descarga podem alterar-se, incluindo esferas, tanques ou garrafas para a armazenagem e, tambores,

cisternas ou garrafas para o transporte (APETRO e URS 2012).

Em Portugal, segundo a APETRO, a associação das empresas petrolíferas das quais fazem parte a BP, CEPSA, GALP, REPSOL, OZ e SPINERG (APETRO 2013) detêm um total de 36 parques, terminais de armazenagem e aeroinstalações no território nacional, dos quais 14 se localizam nas regiões autónomas, geridos individualmente ou em conjunto. Na Figura 2.13 está representada a distribuição dos terminais e parques de armazenagem e refinarias, em Portugal. O número de parques e terminais representados no mapa não corresponde ao número real existente no país. Este é apenas indicativo da sua localização (APETRO e URS 2012).



**Figura 2.13:** Distribuição dos principais parques e terminais de armazenagem e refinarias, em Portugal (APETRO e URS 2012).

Em geral, segundo Moser (2001) as empresas com elevado prestígio estão sujeitas a pressões consideráveis ao nível da melhoria do seu desempenho. Por exemplo, empresas multinacionais ligadas ao sector petrolífero são ambientalmente mais responsáveis, do

que empresas sem pressões que facilmente hesitam na aposta em investimentos na inovação, isto porque este não irá melhorar necessariamente o seu desempenho financeiro (Moser 2001).

## 2.7 Eficiência Hídrica na Indústria

A competitividade pela água está a crescer e o sector industrial, com o objectivo de aumentar a produção de bens e serviços, devido ao aumento da procura por parte do crescimento populacional, o que necessita consequentemente de mais água (WBCSD 1998).

Os mecanismos de fixação de preços têm sido amplamente utilizado para encorajar a eficiência do uso da água no sector industrial, onde as empresas adoptariam tecnologias de poupança de água se os custos pudessem ser reduzidos, o que não acontece nos sectores doméstico e agrícola. Acrescem também os custos pelas descargas de águas contaminadas na rede de esgotos, os quais são um importante incentivo para as indústrias melhorarem os processos tecnológicos e reduzirem a quantidade de água utilizada e descarregada. As previsões de uso industrial de água na Europa mostram uma tendência geral de decrescimento, devido ao aumento da eficiência nos processos industriais, uma maior reutilização da água e decréscimo de indústrias intensivas no uso de recursos na Europa (Karavitis 2008).

As empresas podem e devem melhorar a sua eficiência ao nível dos seus usos, reciclagem e tratamento de água (WBCSD 1998), podendo auferir um benefício financeiro significativo ao reduzirem a utilização de água por meio de alavancas como por exemplo a instalação de válvulas de mola e sensores de sensibilidade (2030 Water Resources Group 2009).

Na Cimeira Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável realizada em 2002, os governos adoptaram a gestão integrada dos recursos hídricos como um modelo a seguir no futuro. Esta opção incide sobre a importância de uma gestão dos sistemas de distribuição de água dentro dos limites ecológicos das reservas disponíveis, com a contrapartida de três factores: equidade, eficácia e sustentabilidade ambiental. No entanto o maior desafio consiste em desenvolver uma nova ética na gestão dos recursos hídricos apoiada num compromisso de resolução das profundas desigualdades que conduzem à insegurança da água (PNUD 2006).

O Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água (PNUEA), desenvolvido pelo Governo de Portugal, tem por objectivo abranger os sectores urbano, agrícola e industrial. Tem em vista a minimização dos riscos de escassez hídrica e melhorar as condições ambientais dos meios hídricos, sem por em causa as necessidades vitais e a qualidade de vida das populações. É pretendido ainda neste programa, alcançar a redução dos volumes de águas residuais rejeitados para os meios hídricos e a redução dos consumos de energia, aspectos fortemente dependentes dos usos da água. Por outro lado, as ineficiências associadas ao transporte, condução e utilização da água as quais podem atingir montantes financeiros muito significativos na estrutura de custos da água e na necessidade de

antecipação de investimentos para dar resposta à sua procura (APA 2012).

No PNUEA são referidas 14 medidas para o sector industrial, nomeadamente três ao nível do processamento fabril e as restantes ao nível dos usos similares aos urbanos

| SECTOR INDUSTRIAL                              |   |  |
|--|---|--|
| Nº da medida                                   | Designação da medida  | Designação sumária da medida   |
| <b>Processamento fabril</b>                    |   |  |
| <b>Medida 73:</b>                              | Adequação de procedimentos da utilização da água na unidade industrial  | Alteração de hábitos humanos para reduzir o consumo de água                                  |
| <b>Medida 84:</b>                              | Adequação de procedimentos na gestão de resíduos  | Gestão correcta dos resíduos produzidos com minimização da necessidade de lavagem            |
| <b>Medida 85:</b>                              | Utilização de equipamento para limpeza a seco das instalações   | Aspiração de resíduos com minimização de lavagem   |
| <b>Ao nível dos usos similares aos urbanos</b> |   |  |
| <b>Medida 10:</b>                              | Adequação da utilização de autoclismos  | Alteração de hábitos de uso do autoclismo para descargas mínimas                             |
| <b>Medida 14:</b>                              | Adequação da utilização de chuveiros  | Alteração de hábitos no duche e banho reduzindo o tempo de água corrente                     |
| <b>Medida 16:</b>                              | Adequação da utilização de torneiras  | Alteração de hábitos da população de forma a evitar desperdícios de água                     |
| <b>Medida 18:</b>                              | Adequação de procedimentos de utilização de máquinas de lavar   | Alteração de comportamentos humanos para minimizar o número de utilizações da máquina        |
| <b>Medida 20:</b>                              | Adequação de procedimentos de utilização de máquinas de lavar louça   | Alteração de comportamentos humanos para minimizar o número de utilizações da máquina        |
| <b>Medida 22:</b>                              | Adequação da utilização de urinóis  | Garantir a regulação do volume em função do número de descargas                              |
| <b>Medida 30:</b>                              | Adequação de procedimentos na lavagem de veículos   | Alteração de hábitos na forma de efetuar lavagens de veículos                                |
| <b>Medida 33:</b>                              | Proibição de utilização de água do sistema público de abastecimento na lavagem de veículos (em período de seca) | Proibição de usar água potável, ou limitação do seu uso por períodos de tempo                |
| <b>Medida 34:</b>                              | Adequação da gestão da rega em jardins e similares  | Alteração de comportamentos na rega por alteração de intensidade de água ou períodos de rega |
| <b>Medida 40:</b>                              | Proibição de utilização de água do sistema público de abastecimento em jardins e similares (em período de seca) | Proibição de usar água potável, ou limitação do seu uso por períodos de tempo                |

**Tabela 2.2:** Medidas do PNUEA para o sector industrial (APA 2012)

A WBCSD enuncia algumas sugestões, que visam a preservação dos recursos hídricos, listados de seguida:

- Visto a proteção dos recursos hídricos ser uma responsabilidade partilhada, considera-se a proximidade de cooperação entre a agricultura, indústria, autoridades municipais e moradores locais necessária para garantir a eficiência.
- A inovação é a chave principal para proteger os recursos hídricos.

- Ferramentas assistidas por computador especificamente definidas para facilitar o uso de água ideal e gestão.
- Reduzir o consumo de água doce envolvendo limpezas básicas, cuidados na gestão, inovação tecnológica e o comprometimento de todos os funcionários.
- Novas instalações industriais oferecem oportunidades para reduzir o consumo de água por meio de reciclagem de água utilizada, tanto a nível do arrefecimento como para os processos de produção.
- Alcançar descarga de água de zero é uma meta viável para algumas aplicações industriais, quando o uso da água e a qualidade da água são uma parte integrante do processo de concepção e planeamento para novas instalações.

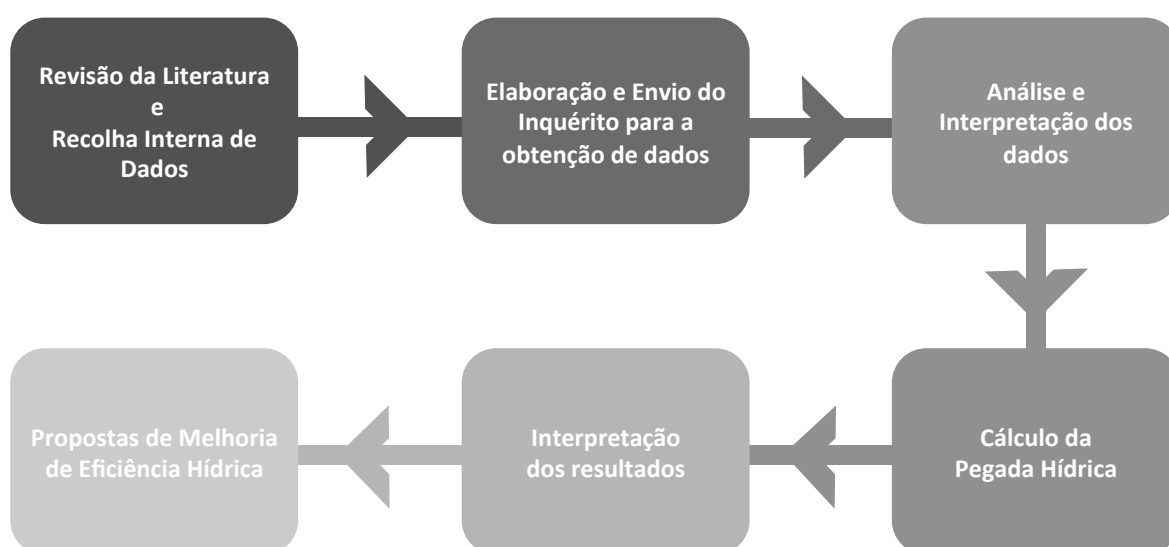




## Metodologia

### 3.1 Fases do Estudo

Esta dissertação tem como base a aplicação da metodologia proposta no Manual de Avaliação da Pegada Hídrica, publicado por Hoekstra et al. (2011). A Figura 3.1 esquematiza a sequência de etapas seguidas ao longo da aplicação metodológica desta dissertação.



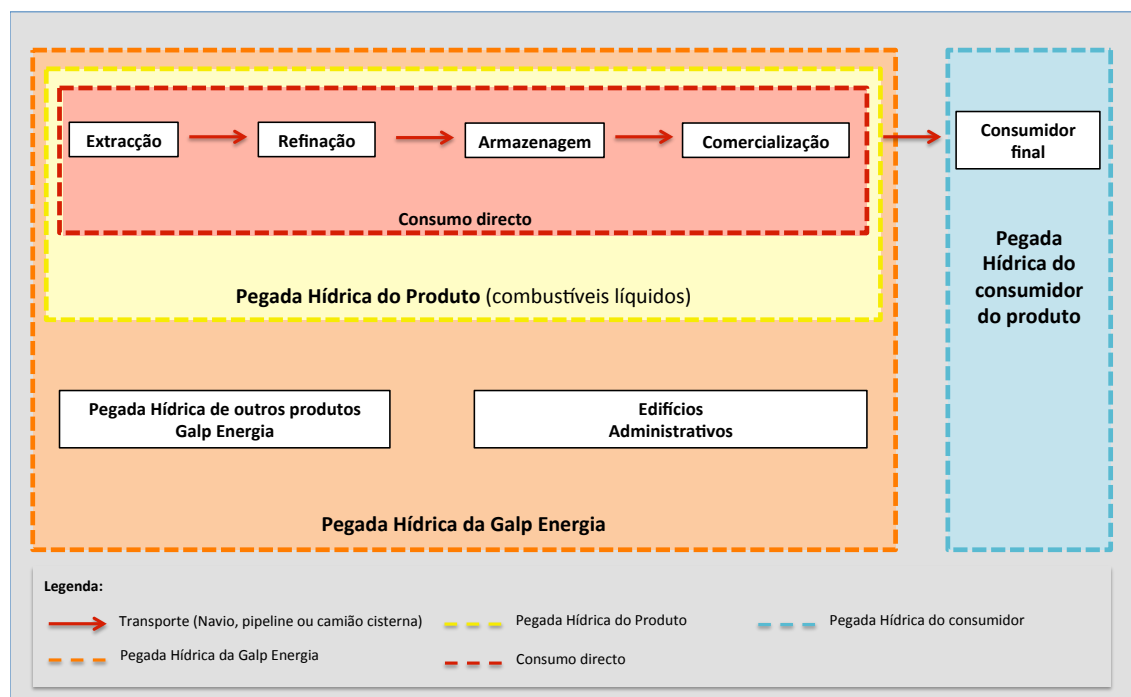
**Figura 3.1:** Esquema metodológico da realização da presente dissertação.

## 3.2 Aplicação do Cálculo da Pegada Hídrica aos Parques de Armazenagem

### 3.2.1 Introdução

O principal objectivo desta dissertação é a aplicação do cálculo da PH aos parques de armazenagem de combustíveis. Para tal é necessário ajustar a metodologia do Manual de Avaliação da Pegada Hídrica de Hoekstra, A. Y. et. al (2011) de acordo com o caso de estudo específico. Escolheu-se para aplicação a metodologia associada à PH de uma etapa de um processo e do produto neste processo, uma vez que se pretende estudar a aplicação neste tipo de instalações e nos combustíveis derivados de petróleo. O facto deste estudo se restringir a uma etapa do processo da concepção dos combustíveis derivados de petróleo, escolheu-se a abordagem supracitada a qual compatibiliza o cálculo da PH do produto. Contudo a metodologia escolhida é bastante genérica daí ser necessário adaptá-la ao caso de estudo em questão, como é descrito ao longo deste capítulo.

Tal como a exploração e refinação, também a armazenagem está associada ao ciclo de vida dos combustíveis, correspondendo a uma etapa do processo da sua elaboração, como demonstrado na Figura 3.2, com o tipo de PH associada.



**Figura 3.2:** Representação do ciclo de vida dos combustíveis e o tipo de PH associada. (Adaptado de APE-TRO e URS 2012; Hoekstra, Chapagain et al. 2011; Scown, Horvath e McKone 2011)

O cálculo da PH foi estruturado em função dos seus sub-indicadores, a pegada hídrica azul (PH azul), pegada hídrica verde (PH verde) e pegada hídrica cinzenta (PH cinzenta), como representado na Figura 2.6 e ainda em função do cálculo PH associada às instalações e ao produto.

### 3.2.2 Pegada hídrica azul

A PH azul expressa em unidade de volume por tempo, corresponde ao somatório de todos os usos de água doce, nomeadamente a água evaporada, a água incorporada no produto e a água que não retorna para a mesma bacia hidrográfica no mesmo período temporal, correspondendo este último às perdas de fluxo (Equação 3.1).

$$PH_{azul} = \text{agua azul evaporada} + \text{agua azul incorporada} + \text{perdas de fluxo} \quad (3.1)$$

A aplicação deste indicador num parque de armazenagem não apresenta incorporação de água no produto. Relativamente à água evaporada esta não foi considerada neste estudo, por um lado por estar associada aos tanques da ETAR ou de incêndio ou a lavagens das instalações, e por outro pelo facto de não ter o significado que teria como quando aplicado a uma planta que tem subjacentes processos de transpiração. Assim considerou-se pouco significativo, do ponto de vista desta aplicação, a inclusão deste parâmetro para o cálculo da PH azul.

Nesta aplicação do cálculo da PH azul aos parques de armazenagem, apenas se consideram as perdas de fluxo, visto a água de uso não retornar para a mesma bacia hidrográfica, mas sim ser escoada para o Oceano Atlântico, no caso da CLCM. Na prática este parâmetro corresponde à água que é utilizada nas instalações e que pode ser monitorizada, como por exemplo através de contadores.

Antes de iniciar os cálculos concretos foi necessário analisar os dados fornecidos pelas instalações de modo a ajustar os mesmos à metodologia em questão, e perceber as correspondências que podem ser feitas. Neste sentido percebeu-se que na CLCM estão instalados três contadores de água (PT 15, PT 16 e PT 20). A este consumo, monitorizado mensalmente, acrescem requalificações aos tanques de armazenagem de combustíveis. A requalificação aos tanques de armazenagem consiste na limpeza do mesmo, sendo cheio com água de modo a fazer a sua lavagem, com uma periodicidade distinta ao longo dos anos. No entanto o volume de água usado nestas requalificações, não está contemplado nas monitorizações mensais feitas aos contadores, pelo facto de serem realizadas por uma empresa prestadora de serviços. Embora não se saiba a origem exacta da água fornecida pelas entidades prestadoras de serviço, esta foi agregada nesta secção da PH azul visto essa água ser escoada para o Oceano Atlântico, e no fundo não ser reposta no seu meio original.

Por se considerar incorreto o facto da requalificação ter influência apenas no ano em que é realizada, por desvirtuar o uso de água nas instalações, foi feito um ajuste de modo

a que o uso das requalificações fosse repartido pelos anos em que as mesmas não ocorrem. Assim com o objectivo de igualar a distribuição das requalificações, e uma vez que não estão disponíveis as periodicidades das mesmas foi necessário calcular um valor médio anual. Essa média foi repartida pelos anos em estudo, igualando a sua representatividade e influenciando consequentemente os resultados, obtendo-se uma PH azul corrigida.

Na CLCM os tanques de armazenagem de fuel-óleo são aquecidos a vapor, através de um sistema de circulação proveniente da central térmica localizada nas imediações da CLCM, na Zona Franca Industrial (ZFI). A central térmica, que pertence à Atlantic Island Electricity (AIE), produz vapor através dos gases de escape dos motores de combustão, sendo fornecido a sete indústrias da ZFI, nas quais se inclui a CLCM (AIE 2013). Esta central térmica não tem por objectivo o fornecimento de vapor exclusivo à CLCM, este é apenas re-aproveitado, por consequência da produção da central. O vapor que permite o aquecimento dos tanques de armazenagem de fuel-óleo, devido à não obtenção de dados que satisfaçam a sua integração na metodologia de cálculo, não foi incluído no cálculo da PH considerando-se uma das fronteiras do presente estudo.

### 3.2.3 Pegada hídrica verde

A aplicação da PH verde não é concretizável neste caso de estudo, uma vez que não existe nenhuma utilização de águas da chuva no processo de armazenagem de combustíveis. Hagman et al. cita num estudo realizado em 2013, que o gasóleo de origem fóssil não requer nenhuma água verde, ao contrário dos biocombustíveis, em que o recurso é utilizado na etapa de crescimento das plantas (Hagman et al. 2013). O processo de formação associado ao gasóleo é análogo ao dos restantes combustíveis movimentados nos parques de armazenagem, e a armazenagem não requer água da chuva no seu processo, não sendo aplicável o cálculo da PH verde nesta etapa do processo.

### 3.2.4 Pegada hídrica cinzenta

A PH cinzenta de uma etapa de um processo é um indicador que permite verificar o grau de poluição associado. Este grau de poluição, passível de se expressar pelas características da água residual efluente, traduz-se pela Equação 3.2, representada pela carga poluente ( $L$ ) em função da diferença entre a concentração máxima aceitável ( $C_{max}$ ) e a natural ( $C_{nat}$ ) do meio receptor, em unidade de volume por tempo:

$$PH_{cinzenta} = \frac{L}{(C_{max} - C_{nat})} \quad (3.2)$$

A carga poluente de cada efluente é expressa pelo caudal efluente ( $Q_e$ ) e a concentração do poluente ( $C$ ), resultando a seguinte equação:

$$PH_{cinzenta} = \frac{(Q_e \times C)}{(C_{max} - C_{nat})} \quad (3.3)$$

Esta concentração é na prática representada por um parâmetro que caracteriza a qualidade da água, tais como os parâmetros enunciados no Capítulo 2, sobre a qualidade da água. Ao longo da análise da metodologia da PH de Hoekstra, Chapagain et al. 2011, não se constatou qualquer referência relativa à aplicação da PH cinzenta considerando mais do que um parâmetro de estudo. Contudo para o âmbito desta dissertação considerou-se relevante a abrangência de diversos parâmetros, de forma a obter por um lado uma visão holística da aplicação do caso de estudo, e por outro ajustar melhor os resultados à realidade, visto a água não ser caracterizada apenas por uma única característica. A escolha destes parâmetros irá caracterizar os valores utilizados na metodologia para  $C_{max}$  e  $C_{nat}$ .

O conceito de boa qualidade da água está relacionado com tipo de meio receptor (Figura 3.1), e considera que para melhor caracterizar uma água costeira os parâmetros mais relevantes seriam, por exemplo, os sólidos suspensos totais (SST) e os coliformes fecais/coliformes totais (CF/CT). Já para um curso de água, a melhor caracterização seria feita com os parâmetros carência química de oxigénio (CQO), carência bioquímica de oxigénio, a 5 dias ( $CBO_5$ ) e SST (IST 2012).

**Tabela 3.1:** Parâmetros relevantes em função do meio receptor (Adaptado de IST 2012)

| <b>Tipo de meio receptor</b> | <b>Exemplos de Parâmetros relevantes</b> |
|------------------------------|--|
| Curso de água                | SST, $CBO_5$ , CQO                       |
| Albufeira, Lago              | SST, $CBO_5$ , CQO, N e/ou P             |
| Águas de transição           | SST, $CBO_5$ , CQO, N e/ou P             |
| Águas costeiras              | SST, CF/CT                               |

Legenda: SST- Sólidos suspensos totais;  $CBO_5$  – Carência bioquímica de oxigénio, a 5 dias; CQO – Carência química de oxigénio; N – Azoto total; P – Fósforo total; CF/CT – Coliformes fecais/coliformes totais

De forma a escolher os parâmetros mais adequados, para a aplicação da PH cinzenta ao caso de estudo, foi necessário analisar os dados disponíveis nos boletins analíticos da CLCM relativamente à qualidade do efluente (Anexo A Figura A.1) com o objectivo de verificar os parâmetros disponíveis para análise. De seguida considerou-se necessário cruzar esta informação com os parâmetros exigidos no anexo I do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto, referente à qualidade das águas doces superficiais destinadas à produção de água para consumo humano (Ministério do Ambiente 1998), de forma a verificar qual o  $C_{max}$  correspondente a cada parâmetro.

Atendendo aos dados disponíveis, foi necessário escolher os indicadores, ou seja os parâmetros, que melhor caracterizam o efluente e o meio receptor. Esta escolha teve em consideração:

- os parâmetros disponíveis nos boletins analíticos de monitorização da CLCM;

- os parâmetros de qualidade exigidos pelo DL n.º 236/98, de 1 de Agosto;
- a relação da informação, de modo a que fosse passível a comparação dos parâmetros.

Consideraram-se como mais representativos, os parâmetros físico-químicos carência química de oxigénio (CQO), carência bioquímica de oxigénio, a 5 dias (CBO<sub>5</sub>) e os hidrocarbonetos totais (HT). A escolha do CQO e CBO<sub>5</sub> cinge-se à importância destes no que diz respeito à sua capacidade para demonstrar a degradação da água, sendo mais apropriado para recursos de água doce, pois quando aplicado no meio marítimo estes parâmetros não conseguem atingir tal representatividade. Segundo a informação fornecida pelo Instituto Hidrográfico Português não são realizadas, no Oceano Atlântico, amostragens aos parâmetros CBO<sub>5</sub> e CQO e que, em relação a este último a sua determinação não é geralmente efectuada devido a problemas de interferência de cloretos na análise. Relativamente aos HT, as amostragens realizadas ocorrem na costa continental, nas zonas de Setúbal, Sines e Ria Formosa, e estas apontam para valores abaixo do limite de quantificação do método que dispõem, ou seja, <0,005mg/L (Instituto Hidrográfico 2013). Não foram escolhidos para o caso de estudo os parâmetros mais relevantes para as águas costeiras, sugeridas por IST 2012, por não se terem valores referentes aos CF/CT, e quanto aos SST verificou-se na análise dos dados fornecidos que nem sempre estavam representados nos boletins analíticos, dificultando a análise dos resultados e por consequente a sua não integração na metodologia.

A importância dos parâmetros CBO<sub>5</sub> e CQO é elevada na caracterização de uma massa de água, no entanto face a este caso de estudo específico, considera-se a inclusão do HT imprescindível, visto ser um dos parâmetros críticos associado ao sector *oil & gas* que tem de facto ser controlado, em todas as instalações do sector. Embora exista falta de dados que permitam caracterizar estes parâmetros no meio marinho, estes foram utilizados nesta dissertação atendendo ao facto de serem os que melhor caracterizam um recurso de água doce. Escolheram-se as características da água doce com o objectivo de monitorizar o impacte desta actividade num recurso frágil, o qual está em risco de escassez em determinadas partes do mundo, e permitir uma uniformização metodológica para estudos futuros.

De forma a estabelecer os valores de referência para cada parâmetro foi realizada uma pesquisa na literatura existente, com o objectivo de permitir uma caracterização do meio relativamente ao *Cnat*, no entanto não foi possível encontrar um valor padrão nem uma conclusão definitiva. Até ao momento da realização desta dissertação, a única informação disponível para caracterizar o estado do Oceano Atlântico são os boletins analíticos anuais realizado pela CLCM, com o objectivo de monitorizar a influência das sua actividade no meio receptor. Contudo a quantidade de amostra é reduzida, sendo de apenas três, as quais são realizadas anualmente e o local de amostragem não está definido de forma a perceber as condições em que foram realizadas. Segundo a Associação Portuguesa de Empresas Petrolíferas (APETRO) para que possa ser feita a caracterização de

um meio é necessário avaliar no mínimo os últimos cinco anos. Contudo foram utilizados para esta dissertação os dados disponíveis correspondendo a quatro anos de análise, o que contraria a condição proposta pela APETRO (APETRO e URS 2012) .

Neste sentido considerou-se, para o cálculo da PH cinzenta a concretização de duas abordagens, através da variação dos valores de referência de  $C_{nat}$  (Tabela 3.2). Na primeira abordagem assume-se valores nulos (zero) para todos os parâmetros escolhidos, devido à ausência de dados. Contudo esta abordagem é mais benevolente uma vez que contribui para um denominador maior, diminuindo o resultado esperado para a PH cinzenta. A segunda abordagem corresponde a uma análise de sensibilidade, com os valores recolhidos a partir dos boletins analíticos anuais da CLCM para o Oceano Atlântico, embora não se considerem estes dados robustos, devido à sua curta amostragem e pouca significância face ao meio em questão. Pretende-se com esta abordagem verificar qual a variação subjacente a valores diferentes de zero, uma vez que no meio natural estes parâmetros não atingem estes valores, com excepção dos HT, podendo assim aproximar a valores do meio.

Relativamente aos dados da  $C_{nat}$  do meio marítimo, com base nos boletins analíticos da CLCM, visto terem apenas 3 anos de amostragem, efectuou-se a média dos resultados obtidos. Para o parâmetro CQO a média resulta num valor igual ao da  $C_{max}$ , ou seja, 30 mg/L o que inviabiliza a execução do cálculo, uma vez que na Equação 3.3 a diferença entre  $C_{max}$  e  $C_{nat}$  daria zero. Assim utilizou-se o menor valor das monitorizações para o CQO, correspondendo a 24 mg/L. Relativamente ao parâmetro HT, embora o valor médio apresentasse resultados ligeiramente superiores a zero (0,18 mg/L) considerou-se pelo facto de os HT não serem uma característica natural do meio aquático, que também se utilizaria 0 mg/L nesta abordagem.

**Tabela 3.2:** Valores de referência utilizados na PH cinzenta.

| <b>Parâmetros</b>         | <b><math>C_{max}^*</math><br/>(mg/L)</b> | <b><math>C_{nat}</math><br/>(mg/L)</b> | <b><math>C_{nat}^{**}</math><br/>(mg/L)</b> |
|---------------------------|--|--|---|
| <b>CQO</b>                | 30                                       | 0                                      | 24  |
| <b><math>CBO_5</math></b> | 7  | 0                                      | 2   |
| <b>HT</b>                 | 1,00                                     | 0,00                                   | 0,00  |

\*DL. n.º 236/98, anexo I, A3

\*\*Monitorizações da CLCM

Posteriormente a esta análise considerou-se necessário um ajuste dos três parâmetros em estudo (CQO,  $CBO_5$  e HT), de forma a facilitar a visualização do resultado final. Neste ajuste são realizadas duas aproximações, uma em que se adopta a ponderação dos três parâmetros e a outra em que se escolhe o que tem pior desempenho, aproximando-se este último ao pior cenário da PH cinzenta da instalação. A forma de consagrar a PH cinzenta

num único valor, pode ser feita de diversas formas. Contudo escolheram-se apenas estas duas, por um lado com o objectivo de verificar as variações obtidas e por outro pelo facto de não haver nenhuma mais valia na adição de outras formas de abordagem. Assim são calculados dois resultados da PH cinzenta, o ponderado e o pior desempenho.

### 3.2.5 Pegada hídrica da instalação

Após o cálculo individual da PH azul e cinzenta, os mesmos foram somados resultando na PH anual da instalação, em litros (Equação 3.4). Através deste indicador será possível avaliar o comportamento da instalação relativamente à sua PH, comparando os anos em análise.

$$PH_{instalacao} = PH_{azul} + PH_{cinzenta} \quad (3.4)$$

### 3.2.6 Pegada hídrica do produto

Num parque de armazenagem de combustível são manuseados diversos combustíveis líquidos derivados de petróleo. No entanto, nesta etapa do processo não é possível atribuir diferenciadamente uma PH a cada tipo de combustível devido à inexistência do afluente necessário e efluente produzido específico para cada um deles. Face a esta particularidade associada aos parques de armazenagem, optou-se assim por agregar os diversos produtos manuseados, utilizando o volume de produto expedido das instalações. O produto expedido corresponde ao somatório dos combustíveis líquidos expedidos das instalações, no caso da CLCM fazem parte o gasóleo, gasolinas, jet fuel, fuel-óleo, e gás butano e propano (Tabela 3.3).

**Tabela 3.3:** Volume de produto expedido da CLCM anualmente.

| Ano                  | 2009    | 2010    | 2011    | 2012    |
|----------------------|---------|---------|---------|---------|
| Produto Expedido (t) | 270 343 | 234 259 | 222 125 | 190 765 |

A PH dos combustíveis líquidos movimentados nos parques de armazenagem são apresentados pela PH produto, expressa na Equação 3.5. A PH do produto não é mais do que a divisão da PH da instalação pelo volume de produto expedido, no período de um ano.

$$PH_{produto} = \frac{(PH_{azul} + PH_{cinzenta})}{(Produto\ expedido)} \quad (3.5)$$

Os resultados anuais obtidos através da Equação 3.5 demonstram a PH associada a uma tonelada de combustíveis líquidos, correspondente à etapa de armazenagem. Este resultado será expresso em unidades de volume por produto, litros por tonelada. É de notar a variação de volume expedido entre os anos 2009 e 2012, que alcançou uma redução de 42%.



### 3.2.7 Pegada azul da CLCM *vs* parques de armazenagem em Cabo Verde

Numa segunda fase do estudo, a PH azul da CLCM é comparada com três parques de armazenagem, localizados numa região onde há escassez hídrica física, cujo a aplicação é Cabo Verde. A análise feita ao nível da PH azul segue a metodologia enunciada anteriormente, para os três parques em Cabo Verde.

Posteriormente, com o objectivo de verificar o impacte associado a uma região com e sem escassez hídrica, é calculado a Pegada azul do produto, seguindo a linhagem de cálculo anterior, ou seja é dividida a Pegada azul pelo volume de produto expedido das instalações.

Feitos os cálculos da Pegada azul para as diferentes localizações será possível compará-las, nos seus diferentes contextos. No entanto há que ter em consideração o facto de água utilizada em Cabo Verde ser dessalinizada, o que efectivamente não interfere com a escassez da água doce, sendo este o objectivo de estudo da PH.

## 3.3 Recolha de informação

Relativamente à recolha de dados, numa abordagem inicial foi feita uma análise introdutória através da revisão da literatura, por forma a identificar os pontos-chave do conceito da PH, aplicada ao caso específico dos parques de armazenagem de combustíveis. Paralelamente, recolheu-se informação que permitisse conhecer melhor o contexto da instalação e perceber sua aplicação ao conceito da PH. De forma a recolher a informação específica pretendida elaborou-se um questionário que reunisse os pontos-chaves para a elaboração do estudo. Para o caso específico da CLCM, esta informação foi complementada com uma visita às instalações no dia 24 de Abril de 2013.

## 3.4 Análise e interpretação dos dados

Nesta etapa, analisou-se a informação recolhida das instalações para o cálculo da PH, que permitiu delinear alguns padrões do estudo, anteriormente citados para a aplicação da PH aos parques de armazenagem. Esta análise encontra-se descrita com detalhe no Capítulo 4, em função de cada caso de estudo.

Escolhidos os parâmetros em análise, trataram-se os dados de modo a utilizar para cada parâmetro a concentração média anual, visto o caudal efluente tratado ser reportado anualmente impossibilitando assim o cálculo mensal da PH. O utilização das concentrações médias de cada parâmetro (Tabela 3.4) tem assim o propósito de caracterizar o efluente anual, para posterior utilização no cálculo da PH cinzenta.

**Tabela 3.4:** Caudal e médias características do efluente da CLCM, por anos.

| Ano  | Caudal efluente (m <sup>3</sup> ) | Valor médio de HT (mg/L) | Valor médio de CBO <sub>5</sub> (mg/L) | Valor médio de CQO (mg/L) |
|------|-----------------------------------|--------------------------|--|---------------------------|
| 2009 | 3200                              | 8,19                     | 32                                     | 84                        |
| 2010 | 6000                              | 0,46                     | 13                                     | 27                        |
| 2011 | 8000                              | 0,32                     | 11                                     | 36                        |
| 2012 | 3200                              | 0,26                     | 10                                     | 39                        |

Legenda: HT – Hidrocarbonetos totais; CBO<sub>5</sub> – Carência Bioquímica de Oxigénio, a 5 dias; CQO – Carência Química de Oxigénio.

### 3.5 Limitações metodológicas

Ao longo da aplicação da metodologia da PH aos parques de armazenagem constataram-se algumas dificuldades, nomeadamente no que diz respeito aos dados de qualidade da água do meio afluente e receptor. As monitorizações realizadas anualmente pela CLCM relativas à qualidade da água do Oceano Atlântico, como se comprometeu na Declaração de Impacte Ambiental (DIA), são reduzidas visto ser apenas uma amostra anual. Neste sentido considera-se que os dados recolhidos pela CLCM não representam o estado natural do Oceano Atlântico. A este facto acresce ainda a dificuldade de obtenção de dados por outras entidades visto não ser aplicado o CBO<sub>5</sub> e CQO como parâmetros da água do mar. Segundo o Instituto Hidrográfico a determinação do CQO não é geralmente efectuada devido a problemas de interferência de cloretos na análise (Instituto Hidrográfico 2013). Já o CBO<sub>5</sub> não é aplicado na água do mar devido à elevada carência de oxigénio. No entanto a CLCM obtém esses resultados através de um laboratório autenticado. Assim verificou-se que as instituições governamentais não fazem monitorização aos parâmetros escolhidos para a DIA, pois quando contactada a Direcção Regional do Ambiente da Madeira (DRAM), constatou-se que não havia uma monitorização interna realizada por essa mesma entidade, ou outra competente, de forma a verificar a qualidade do Oceano Atlântico. Próximo da CLCM localizam-se praias de bandeira azul, sendo de facto apenas requeridos parâmetros microbiológicos (Directiva 7/2006/CE), os quais não fazem parte dos requisitos pretendidos, não podendo assim contribuir para este estudo. Considera-se neste sentido que há uma falta de suporte governamental ao nível da monitorização dos requisitos impostos na legislação e consequentemente da qualidade dos meios hídricos.

Quando analisadas uma das particularidades desta aplicação, os usos de água nas requalificações, constou-se que a influência das mesmas provoca picos de consumo, devido ao grande volume de água associado. Na metodologia aplicada nesta dissertação

foi calculada uma média com os volumes empregues nas requalificações que se adicionou a cada ano de estudo. Contudo considera-se que a abordagem mais correcta seria a distribuição equitativa das requalificações pelos anos em que esta não ocorre. Ou seja, se no ano 2000 foi feita uma requalificação a um tanque de  $800 \text{ m}^3$  de capacidade volúmica, e a próxima requalificação ocorrer em 2010, então nesses 10 anos de intervalo da requalificação, a PH anual associada à requalificação será de  $80 \text{ m}^3$ . Assim evitar-se-ão interpretações errada dos resultados associados à requalificação e será possível analisar facilmente a evolução da PH da instalação. No entanto as requalificações não ocorrem com a mesma frequência, facto que impediu a concretização desta abordagem na presente dissertação. Aconselha-se para um estudo com maior abrangência de anos que seja aplicada esta abordagem para o uso de água das requalificações.



# 4

## Caso de Estudo

### 4.1 Enquadramento

Neste capítulo é feita uma apresentação ao caso de estudo principal, aplicado nesta dissertação, a Companhia Logística de Combustíveis da Madeira (CLCM), bem como a análise dos dados recolhidos para a determinação da PH associada aos parques de armazenagem de combustíveis. De seguida é feito um breve enquadramento de Cabo Verde que será abordado numa parte do estudo, com o objectivo de comparar a PH azul da CLCM com uma situação de escassez hídrica.

Todos os dados fornecidos no âmbito desta dissertação foram cedidos pelas entidades, de que faz parte a aplicação.

### 4.2 Companhia Logística de Combustíveis da Madeira (CLCM)

#### 4.2.1 Caracterização da CLCM

A CLCM é uma empresa detida 75% pelo grupo Galp Energia (Galp Energia 2013), que efectua a logística dos combustíveis da Madeira e gere o parque de combustíveis do Caniçal, localizado no concelho de Machico, ilha da Madeira (Anexo B, Figura B.1).

Este parque de armazenagem inaugurado em 2004, ocupa uma área de cerca de 59 000 m<sup>2</sup> e é parte integrante da Zona Franca Industrial (ZFI) do Caniçal, a qual é caracterizada por acolher a prática de actividades industriais, que pela sua natureza envolvam o processamento e a movimentação física de produtos. A gestão da ZFI está a cargo da Sociedade de Desenvolvimento da Madeira (SDM). A proximidade da CLCM com a Área Protegida da Reserva Natural da Ponta de São Lourenço, que se desenvolve para Leste da Prainha,

a cerca de 750 m do parque do Caniçal, não interfere directamente com o seu bom funcionamento (Agripro Ambiente 2002). A ilha da Madeira é caracterizada por ter abundância de recursos hídricos, com excepção da ilha de Porto Santo, que se caracteriza por ter escassez crónica de água (D e R 2006), ou seja escassez hídrica física. O recurso hídrico não é considerado escasso na região onde se localiza a CLCM.



**Figura 4.1:** Vista da plataforma 17 e os tanques de armazenagem da plataforma 19.

As actividades do parque caracterizam-se pela recepção, armazenagem e expedição de produtos combustíveis derivados do petróleo, nomeadamente gasolinas, gasóleo, jet fuel, fuel-óleo e gás butano e propano. A capacidade total útil do parque é de 61 600 m<sup>3</sup>, distribuída por 22 tanques de armazenagem com capacidades entre os 800 e 8 000 m<sup>3</sup>. Os combustíveis procedentes tipicamente do terminal de Sines, são recebidos por navio tanque através de um sistema de quadro de boias (Figura 4.2). Posteriormente são armazenados e por fim expedidos em veículo cisterna e em garrafas de gás.

O parque de armazenagem de combustíveis do Caniçal é constituído por uma zona de armazenagem, circuitos de movimentação de produtos e locais de expedição, uma zona de enchimento e armazenagem de garrafas de GPL e edifícios de apoio. Devido ao perfil topográfico da ZFI, estas infra-estruturas encontram-se distribuídas por sete plataformas como é apresentado na Figura 4.3, e descrito da seguinte forma (CLCM 2012):

- Plataforma 14, com uma área de 12 380 m<sup>2</sup>, a uma cota de 29 m, onde está instalada a zona de armazenagem de gasóleo;
- Plataforma 15, com uma área de 10 165 m<sup>2</sup>, a uma cota de 19 m, à entrada do parque, onde se encontram as ilhas de enchimento de combustíveis líquidos e a zona de armazenagem de fuel-óleo;
- Plataforma 16A e 16B, com áreas de 3 080 m<sup>2</sup> e 2 265 m<sup>2</sup> e às cotas de 19 e 12 m, respectivamente, onde se encontra uma zona de armazenagem de fuel-óleo;



**Figura 4.2:** Vista da plataforma 20: descarga de um navio tanque e visualização do quadro de boias.

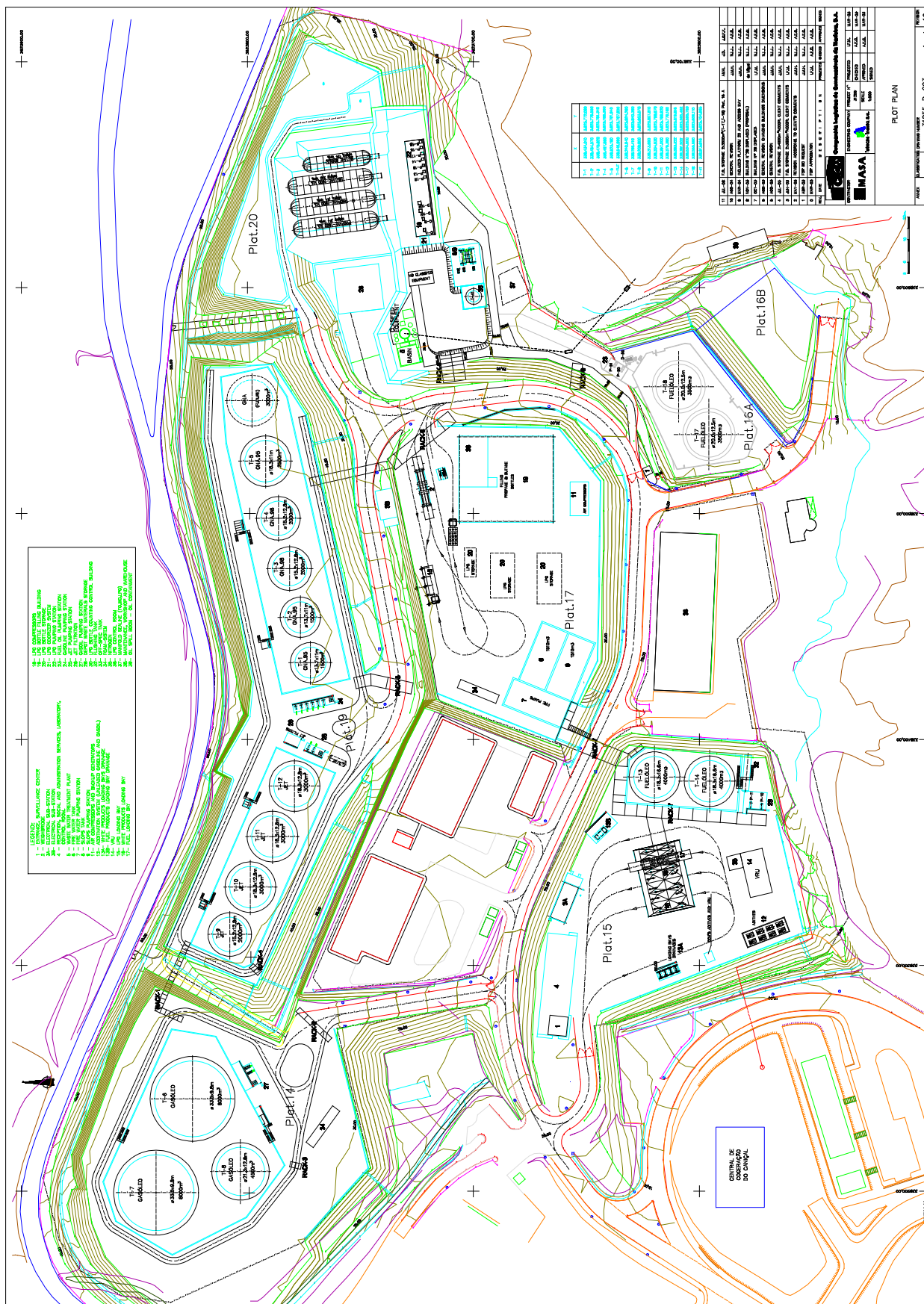
- Plataforma 17, com uma área de 10 760 m<sup>2</sup>, a uma cota de 30 m, onde se localiza o enchimento de garrafas de gás e uma ilha de enchimento de veículos cisterna, de gás;
- Plataforma 19, com uma área de 13 660 m<sup>2</sup>, a uma cota de 40 m, onde estão as zonas de armazenagem de gasolinas e jet fuel;
- Plataforma 20, com uma área de 6 715 m<sup>2</sup>, a uma cota de 34 m, onde está instalada a zona de armazenagem de gás, a zona de recepção do combustível via marítima e a estação de tratamento de águas residuais (ETAR) e industriais (ETARI).

Nos locais de ocupação industrial, os solos originais foram significativamente alterados ou mesmos destruídos, estando atualmente pavimentados, impermeabilizados ou bastante compactados, como é o caso das plataformas destinadas à instalação do parque de armazenagem de combustíveis, sendo constituídos por materiais de aterro, próprios da construção de edifícios e arruamentos (Agripro Ambiente 2002). Relativamente à qualidade das águas subterrâneas, o aquífero livre na região apresenta vulnerabilidade fraca à poluição (Agripro Ambiente 2002), no entanto não existe nas instalações nenhum piezómetro que permita monitorizar a contaminação de águas subterrâneas, afim de certificar a não poluição do mesmo.

A água de abastecimento da CLCM é comum em toda a ZFI, com proveniência do sistema adutor Funchal-Machico-Canical (IGA 2013). São realizadas análises regulares por parte da SDM em diversos pontos da ZFI, com o objectivo de verificar a qualidade da água para consumo humano.

Os efluentes da CLCM são tratados nas próprias instalações e posteriormente descarregados no meio marítimo. O parque de armazenagem possui uma rede de drenagem separativa, com distinção das águas pluviais limpas, águas residuais domésticas e águas





**Figura 4.3:** Planta Geral da CLCM



residuais contaminadas. A rede de águas pluviais limpas recebe as águas pluviais provenientes de arruamentos e das bacias de retenção dos reservatórios, quando estas estão limpas, e o seu destino segue para a rede pública existente na ZFI. A rede de águas residuais domésticas, constituída por uma rede de colectores, recolhe as águas residuais provenientes do refeitório, balneários e instalações sanitárias, sendo conduzidas para a ETAR da CLCM, onde são sujeitas a tratamento biológico. A rede de águas residuais contaminadas, destina-se à recepção das águas provenientes da lavagem de garrafas de gás, do laboratório, das centrais de bombagem, das águas provenientes das drenagens nas bacias de retenção dos reservatórios e das ilhas de enchimento que são posteriormente encaminhadas para tratamento, na ETAR da CLCM.

A CLCM ao estar equipada por uma ETAR e ETARI permite o tratamento dos seus efluentes tanto domésticos como industriais, de modo a que estes sejam descarregado conforme os valores limites definidos do Anexo XVIII do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto. Em novembro de 2012, como medida de melhoria de eficiência a CLCM decidiu desactivar a parte correspondente à ETAR, que trata o efluente doméstico proveniente dos edifícios administrativos e de apoio, passando estes a serem tratado pela SDM a partir de Novembro desse mesmo ano. Esta medida foi aplicada pelo facto de não se justificar o caudal diário produzido nas instalações para o funcionamento da ETAR, considerando que esta se encontra sobredimensionada para a actividade a que se destina. A ETAR estar projectada para receber um caudal máximo instantâneo de efluente, corresponde à utilização do equipamento de protecção contra incêndio das ilhas de enchimento durante dez minutos, com o sistema de tratamento em funcionamento a ocorrer em paralelo. A estação de tratamento dos efluentes está equipada de sensores que permite o controlo do efluente rejeitado.

Segundo a CLCM foram ainda implementadas acções que têm por objectivo reduzir o uso de água, como por exemplo a redução do tempo de duração dos simulacros de incêndios com o intuito de reduzir o tempo de uso da água, e consequentemente o seu volume.

Anualmente a CLCM apresenta os resultados dos programas de monitorização propostos na DIA da CLCM no Relatório de Monitorização de Impacte Ambiental. Neste relatório são apresentado os resultados referentes à fase de exploração relativas à concentração média em: compostos orgânicos voláteis e unidade de recuperação de vapores; efluente final tratado; e qualidade da água do mar. (CLCM 2012)

O fuel-óleo é um combustível que à temperatura ambiente tem uma viscosidade elevada, o que confere dificuldades no seu manuseamento. De forma a ser possível melhorar o seu transporte este é aquecido e armazenado a cerca de 50 °C de temperatura (Badran e Hamdan 1998). Na CLCM os tanques de armazenagem de fuel-óleo são aquecidos a vapor de água, através de um sistema de circulação proveniente da central de co-geração localizada nas imediações da CLCM, na ZFI.

### 4.2.2 Análise dos dados fornecidos

Na CLCM os usos de água devem-se a limpezas de manutenção de todas as instalações, com maior expressão ao nível da requalificação dos tanques de armazenagem, fábrica de enchimento das garrafas de gás e ilhas de enchimento. A recolha de dados relativos aos caudal afluente à CLCM permite analisar os diferentes usos de água da CLCM (Figura 4.4) através dos três contadores existentes nas instalações, denominados em função da plataforma em que se situam, como PT 15, PT 16 e PT 20 (Tabela 4.1) e pela água proveniente dos prestadores de serviço. O consumo de água é monitorizado mensalmente, através de uma leitura manual dos contadores, realizada pelos colaboradores da CLCM.

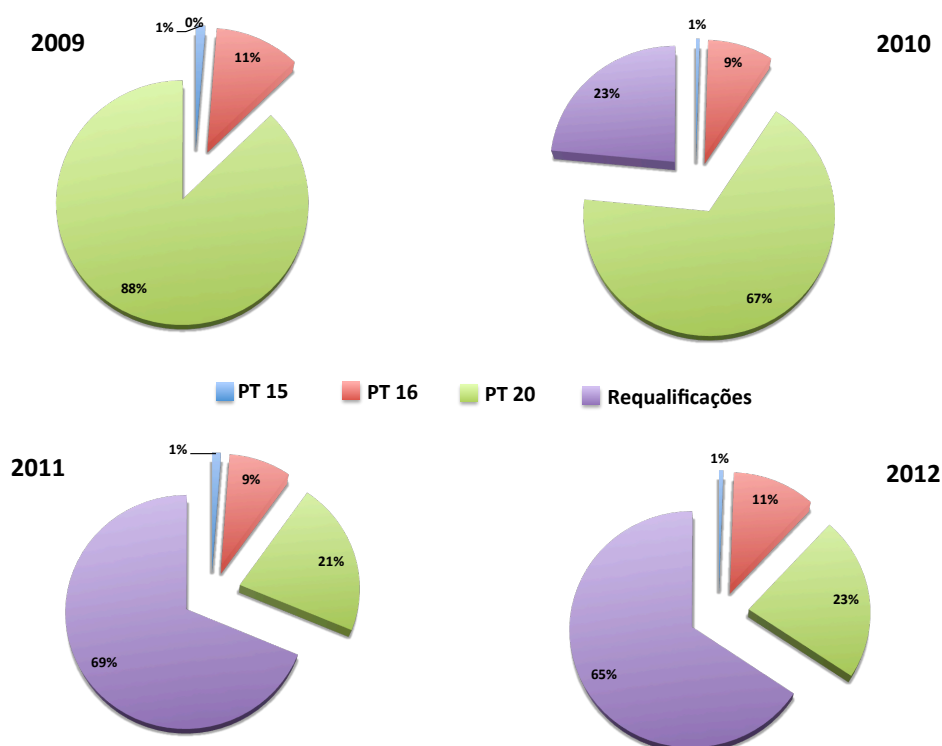


Figura 4.4: Distribuição dos usos de água na CLCM, por anos.

A água representada pelas requalificações refere-se à água utilizada na requalificação dos tanques de armazenagem, a qual envolve elevados usos de água visto estes serem completamente cheios com água, proveniente de entidades prestadoras de serviço. Assim nos anos em que são realizadas requalificações, este uso assume maior representatividade, dependendo da dimensão do tanque de armazenagem. No ano 2009 não foi realizada nenhuma requalificação aos tanques de armazenagem. Em 2010 foi feita a requalificação a um tanque de gás, cuja capacidade volumica é de 1600 m<sup>3</sup>. No ano 2011 foram requalificados três tanques de gás um com capacidade com 800 m<sup>3</sup> e dois com 1600 m<sup>3</sup>, representando assim 69% dos usos de água nesse ano. Já em 2012 realizou-se a requalificação a dois tanques de armazenagem de fuel-óleo, com 3500 m<sup>3</sup> cada, representando

**Tabela 4.1:** Representação da abrangência de cada contador de água.

| <b>Contador</b> | <b>Áreas Abrangentes</b>   |
|-----------------|--|
| <b>PT 15</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Ilhas de enchimento</li> <li>• Edifícios Administrativos</li> <li>• 2 Tanques Fuel Óleo</li> </ul>  |
| <b>PT 16</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Tanques de Fuel Óleo</li> <li>• Armazém</li> </ul>  |
| <b>PT 20</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Armazém e fábrica de enchimento de garrafas de gás</li> <li>• Ilha de enchimento de gás</li> <li>• ETAR e ETARI</li> <li>• Tanques de Gasóleo e Gasolina</li> <li>• Bacias de água para incêndio</li> </ul> |

65% dos usos de água desse ano.

Analisando isoladamente os três contadores existentes na CLCM, destaca-se com maior representatividade que o PT 20 para os anos 2009 e 2010, e os usos dos prestadores de serviço para 2011 e 2012, devido às requalificações ocorridas. O PT 16 assume variações entre os 9 e 11%, e o PT 15 com menor expressão representa anualmente 1% dos usos de água da CLCM. Esta variação de consumos em cada contador deve-se às diferentes áreas que cada um abrange, como é possível observar na Tabela 4.1.

Relativamente ao PT 20, devido às actividades que abrange, considera-se que a fábrica de enchimento de garrafas de gás implica maiores usos, visto estarem constantemente a serem lavadas as garrafas de gás, previamente ao seu enchimento. Já as restantes actividades não envolvem usos consideráveis de água, pois no caso das bacias de incêndio, apesar de terem 1510 m<sup>3</sup> cada estas não são cheias frequentemente. Deste modo, pode-se assumir este uso como baixo ou até desprezável. No que diz respeito aos usos do armazém e ilha de enchimento de gás, são necessárias manutenções ao nível da limpeza, o que também se aplica aos tanques de armazenagem e à ETAR. De facto considerando estas actividades a que parece envolver maiores usos é a fábrica de enchimento de gás, visto serem constantemente lavadas as garrafas de gás para enchimento, bem como as próprias instalações.

Os efluentes resultantes da CLCM são previamente tratados na ETAR da instalação, no entanto não implica que estes não possam ter impacto no meio ambiente receptor. Neste sentido considera-se que o efluente descarregado é uma fonte pontual de poluição da água, o que permite uma fácil identificação da carga efluente através do volume de efluente e a concentração de uma determinada substância química no efluente. A ETAR esta equipada com sistemas de sensores analíticos, ligados à sala de controlo do parque,

que permite controlar a circulação do efluente tratado e caso não cumpra com os requisitos exigidos e estabelecidos este é encaminhado para recirculação para que possa ser tratado. Apesar deste sistema de controlo, não existe uma base de dados que os permita representar, assim os dados utilizados relativos às características dos efluentes, são baseados em monitorizações realizadas por uma entidade externa (Anexo A, Figura A.1), certificada pelas normas de qualidade e ambiente, respectivamente NP EN ISO 9001:2008 e NP EN ISO 14001:2004. Estas amostras recolhidas por serem realizadas aleatoriamente, podem não corresponder às características do dia da descarga do efluente. Esta justificação deve-se ao facto de a CLCM proceder à descarga dos efluentes tratados em regime descontínuo, no entanto não existem registos das datas em que as descargas são realizadas. A qualidade do efluente é salvaguardada devido aos sensores associados à ETAR que verificam as concentrações do efluente, impedindo a sua rejeição em caso de incumprimento.

Os valores registados para o caudal efluente à CLCM em cada ano, bem como o valor médio da concentração resultante das monitorizações para cada poluente, são expressos na Tabela 3.4, sendo segundo as entidades que realizam estas monitorizações abrangidas pelo Anexo XVIII do Decreto-Lei n.º 236/98, de 1 de Agosto.

### 4.3 Parques de Armazenagem em Cabo Verde

#### 4.3.1 Caracterização de Cabo Verde

A República de Cabo Verde localizada num arquipélago constituído por dez ilhas (Boavista, Brava, Fogo, Maio, Santa Luzia, Sal, Santiago, Santo Antão, São Nicolau e São Vicente) e 13 ilhéus, dispersos entre os paralelos 17º 12' e 14º 48' de latitude Norte e os meridiano 22º 44' e 25º 22' de longitude Oeste (Figura 4.5). Dista cerca de 450 km da costa ocidental Africana, ao largo do Senegal. No seu conjunto ocupa uma superfície submersa de 4 033 km<sup>2</sup> e uma Zona Económica Exclusiva com 734 000 km<sup>2</sup>. As ilhas agrupam-se em duas regiões, o barlavento e o sotavento, representando-se de um modo geral com um tamanho relativamente reduzido.

Cabo Verde é caracterizado como um país ecologicamente frágil e de fracos recursos naturais, sendo vulnerável aos fenómenos naturais, particularmente às secas e às chuvas torrenciais. A sua vulnerabilidade é ainda ampliada devido ao facto das ilhas serem de origem vulcânicas, com um vulcão ativo na ilha do Fogo e ainda dominado por ecossistemas de montanha. Devido às suas características, o seu desenvolvimento tem sido dificultado principalmente ao nível do sector primário e secundário, prejudicando e retardando o seu crescimento económico.

Relativamente ao clima, o país enquadra-se numa zona de elevada aridez meteorológica, adquirindo a classificação de subtropical seco. Acompanhado por uma curta estação de precipitação de Junho a Outubro, onde ocorrem por vezes chuvas torrenciais e mal distribuídas no espaço e no tempo, tornando-se um dos principais factores de erosão



**Figura 4.5:** Mapa da República de Cabo Verde. (<http://www.nationsonline.org/oneworld/map/cape-verde-map2.htm>)

dos solos. A precipitação média anual é de 300 mm para as regiões situadas a altitudes inferiores a 400 m, atingindo os 150 mm nas regiões mais secas, afectadas pelos ventos alísios. No entanto, nas regiões mais elevadas e afectadas pelos alísios, a partir dos 500 m a precipitação pode ultrapassar os 700 mm. Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia e Geografia, cerca de 20% da água proveniente da precipitação perde-se por escoamento superficial, 13% dirige-se à recarga de aquíferos e 67% é evaporada (Ministério do Ambiente Agricultura e Pescas 2004).

Cabo Verde integra a lista dos países que vivem em escassez absoluta de água, isto é, com menos de 500 m<sup>3</sup>/ano de água doce por habitante para satisfazer as necessidades da população em termos de agricultura, indústria, energia e meio ambiente (MADRRM e INMG 2010). A água para consumo é maioritariamente dessalinizada, com origem no Oceano Atlântico. A dessalinização da água pode ser considerada uma solução relativamente à escassez de água doce, no entanto esta apresenta limitações na sua utilização. O grande peso limitativo desta técnica está associado ao seu elevado consumo energético, e não ao facto de não ser possível obter aos padrões de qualidade de água apropriada para os seus fins. Embora de facto esta técnica permita superar a escassez de água doce, é importante salientar a contribuição que detém na escassez de outro recurso valioso, a energia (Hoekstra, Chapagain et al. 2011; PNUD 2006).

A inclusão de Cabo Verde no estudo tem por objectivo a avaliação da PH azul perante uma situação de escassez hídrica, confrontando assim com a PH azul da CLCM, uma vez que as instalações são comparáveis, tendo em conta a sua tipologia. Em Cabo Verde serão analisados três parques de armazenagem.

### 4.3.2 Análise dos dados fornecidos

Com o intuito de proteger os interesses da entidade gestora dos parques de armazenagem de combustíveis em Cabo Verde, são denominados de agora em diante como parque de armazenagem 1 (PA1), 2 (PA2) e 3 (PA3).

Nos três parques de armazenagem abordados são apenas analisados os dados relativos ao caudal de água afluente às instalações (Figura 4.2). A água afluente dessalinizada é proveniente da rede de abastecimento pública, ou captada directamente da água do mar, sendo esta última excluída da aplicação deste estudo por falta de dados. Destes usos não fazem parte as requalificações aos tanques de armazenagem.

**Tabela 4.2:** Caudal afluente a cada parque de armazenagem de Cabo Verde, por anos.

| Caudal afluente (m <sup>3</sup> ) |             |             |
|-----------------------------------|-------------|-------------|
| Parque de armazenagem             | 2011        | 2012        |
| 1                                 | 3237        | 2208        |
| 2                                 | 163         | 667         |
| 3                                 | 746         | 514         |
| <b>Volume Total</b>               | <b>4146</b> | <b>3389</b> |

Ao analisar os caudais afluentes verifica-se uma variação significativa comparativamente aos valores do PA 1 e os do PA 2 e PA 3. Efectivamente o PA 1 é o que apresenta maior volume de produto expedido, seguido do PA 2 e PA 3. Para o PA 2, esta variação verificou-se devido a uma avaria em um dos dois contadores, impossibilitando assim a contagem dos consumos de água na instalação de GPL. Sabe-se no entanto que o contador foi reposto em Julho 2012, sendo realizada uma leitura do mesmo em Março 2013, obtendo-se uma média mensal de 95 m<sup>3</sup>, para os meses de Julho a Dezembro 2012. Deste modo e para efeitos de cálculo da PH azul, considerou-se um uso médio de 95 m<sup>3</sup> para os meses em que não existe informação devido à avaria do contador. Ajustando este valor em 2012 obteve-se um consumo estimado de água no parque 2 de 1 237 m<sup>3</sup>. De modo a facilitar a comparação entre anos, utilizou-se o mesmo critério para o ano 2011, resultando uma estimativa de consumo total de 1 303 m<sup>3</sup>. No PA 3 não se verificou nenhuma anomalia ao nível dos contadores.

## 4.4 Limitações dos casos de estudo

Relativamente aos anos de utilização dos dados, foram apenas utilizados entre o ano 2009 e 2012 para a CLCM e 2011 e 2012 para Cabo Verde, por não existirem mais dados

disponíveis. Naturalmente a falta de dados para os restantes anos, não permite avaliar a evolução completa da PH. Considera-se que o número de anos em análise é um factor limitativo desta dissertação, assim numa próxima abordagem, a este tema considera-se relevante a inclusão de um maior intervalo temporal.

Na aplicação do caso de estudo à CLCM não foi possível obter dados relativos à qualidade da água afluenta para os parâmetros em análise, HT, CQO e CBO<sub>5</sub>, visto a água ser destinada ao consumo humano, e não fazerem parte dos parâmetros de monitorização segundo o Decreto-Lei nº 306/2007, de 27 de Agosto. Assim na contabilização da PH cinzenta irá incluir uma fracção que faz parte das características naturais do meio afluenta, a qual não é calculada por falta de dados de referência.

Um dos objectivos iniciais desta dissertação baseava-se no cálculo mensal da PH. No entanto este objectivo não foi possível de alcançar pelo facto de o caudal efluente tratado ser reportado anualmente e não mensalmente, como pretendido.

De modo a analisar especificamente cada actividade do parque de armazenagem seria necessário a existência de um contador associado a cada uma dessas actividades. Confrontado com os dados disponíveis dos três contadores existentes no parque da CLCM dificulta esta análise mais detalhada. Deste modo são apresentados os usos em função dos três contadores e das actividades aí decorrentes.





## Resultados e Discussão

### 5.1 A Pegada Hídrica da CLCM

#### 5.1.1 Pegada Hídrica azul

Após análise dos dados e aplicação da metodologia estabelecida obtiveram-se os resultados apresentados na Tabela 5.1, para a PH azul corrigida. O uso de água representa os usos globais das instalações, os quais integra o uso operacional (volume de água monitorizado nos contadores) e o uso na requalificação dos tanques de armazenagem.

**Tabela 5.1:** Resultados anuais para a pegada hídrica azul corrigida

| <b>Ano</b>         | <b>Uso de água<br/>(m<sup>3</sup>)</b> | <b>Uso<br/>operacional<br/>(m<sup>3</sup>)</b> | <b>Uso na<br/>requalificação<br/>(m<sup>3</sup>)</b> | <b>PH azul<br/>corrigida<br/>(m<sup>3</sup>)</b> |
|--------------------|--|--|--|--|
| <b>2009</b>        | 5 508                                  | 5 508  | 0  | 8 658  |
| <b>2010</b>        | 6 017                                  | 4 417  | 1 600  | 7 567  |
| <b>2011</b>        | 6 625                                  | 2 625  | 4 000  | 5 775  |
| <b>2012</b>        | 10 680                                 | 3 680  | 7 000  | 6 830  |
| Valor médio anual: |  |  | 3 150  |  |

Ao analisar a água de uso operacional, verifica-se que há um decréscimo ao longo dos anos de análise, correspondendo a cerca de 20% de variação entre 2009 e 2012. No entanto é de notar que de 2010 para 2011 existe uma redução mais acentuada quando

comparada com os restantes anos, registando-se uma variação de 41%. Contudo não foi possível obter nenhuma justificação para esta ocorrência. Ainda na análise da Tabela 5.1 é possível constatar o peso que as requalificações têm no uso de água da CLCM, alterando por completo a evolução da PH azul quando corrigida. O volume médio anual empregue nas requalificações, entre 2009 e 2012, correspondeu a 3 150 m<sup>3</sup>/ano. Este valor permitiu assim a correção do uso de água anual, que estava a desvirtuar o seu resultado, obtendo-se a PH azul corrigida. Esta evolução permite ainda verificar um decréscimo de uso de água, que não seria possível sem o ajuste das requalificações.

A PH azul corrigida é assim constituída pela soma dos usos operacionais, com o valor médio anual obtido para as requalificações, resultando uma variação entre 5 775 e 8 658 m<sup>3</sup> no anos 2009 e 2012. Em geral verifica-se uma tendência de decréscimo da PH azul corrigida, o que está subjacente à diminuição do uso de água operacional.

### 5.1.2 Pegada Hídrica cinzenta

A Tabela 5.2 apresenta os resultados obtidos para a PH cinzenta anual, em função dos três parâmetros em estudo CQO, CBO<sub>5</sub> e HT, considerando a Cnat do meio efluente igual a zero.

**Tabela 5.2:** Evolução da pegada hídrica cinzenta, em função de cada parâmetro, para Cnat = 0 mg/L, em m<sup>3</sup>/ano.

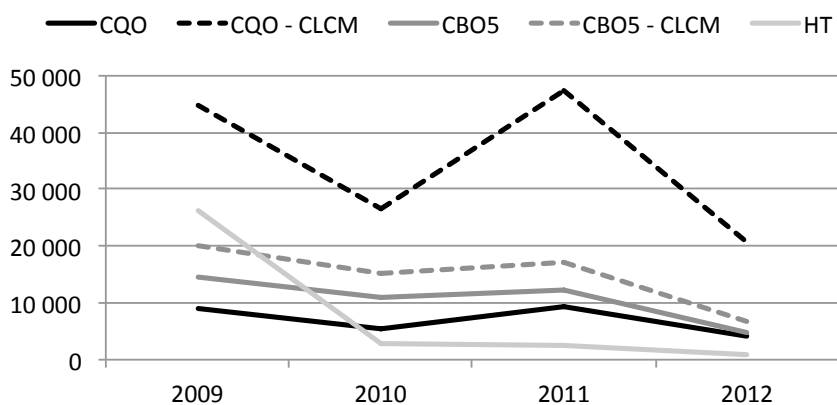
| Ano         | PH cinzenta (m <sup>3</sup> ) |                  |        |
|-------------|-------------------------------|------------------|--------|
|             | CQO                           | CBO <sub>5</sub> | HT     |
| <b>2009</b> | 8 939                         | 14 446           | 26 195 |
| <b>2010</b> | 5 300                         | 10 929           | 2 775  |
| <b>2011</b> | 9 493                         | 12 343           | 2 592  |
| <b>2012</b> | 4 142                         | 4 724            | 837    |

Na análise da PH cinzenta constata-se que em todos os parâmetros ocorre uma descida dos valores ao longo dos anos, relacionado com o decréscimo das concentrações médias de cada ano, apresentado no Capítulo 3 Tabela 3.4. Na consideração destes resultados é necessário ter em atenção os valores de referência selecionados. Estes influenciam directamente o resultado com consequente aumento ou decréscimo dos mesmos, daí se ter realizado uma análise de sensibilidade, com os resultados obtidos nas monitorizações do Oceano Atlântico, por parte da CLCM (Tabela 5.3).

Na análise da Tabela 5.3 não se verificam variações para o parâmetro HT face à Tabela 5.2, pelo facto de não se ter alterado este valor em ambas as abordagens. Relativamente ao CQO as variações registadas são notórias, como se verifica na Figura 5.1, uma vez que este atingem valores próximos de 50 000 m<sup>3</sup>, face aos cerca de 9 000 m<sup>3</sup>. Já para o CBO<sub>5</sub> os resultados obtidos, com a Cnat da CLCM, aumentam ligeiramente.

**Tabela 5.3:** Evolução da pegada hídrica cinzenta, em função de cada parâmetro, com a Cnat das monitorizações da CLCM, em m<sup>3</sup>/ano.

| Ano         | PH cinzenta (m <sup>3</sup> ) |                  |        |
|-------------|-------------------------------|------------------|--------|
|             | CQO                           | CBO <sub>5</sub> | HT     |
| <b>2009</b> | 44 693                        | 20 224           | 26 195 |
| <b>2010</b> | 26 500                        | 15 300           | 2 775  |
| <b>2011</b> | 47 467                        | 17 280           | 2 592  |
| <b>2012</b> | 20 711                        | 6 613            | 837    |



**Figura 5.1:** Evolução da pegada hídrica cinzenta, em função de cada parâmetro, em m<sup>3</sup>/ano para Cnat = 0 mg/L e monitorizado pela CLCM.

Embora o efluente da CLCM seja tratado conforme os requisitos legais, verifica-se que para o CQO, quando nos aproximamos dos possíveis valores para a concentração natural do Oceano Atlântico, a PH cinzenta atinge valores elevados. Este facto indica que a legislação não permite uma boa protecção e preservação deste recurso. Neste sentido considera-se que os limites máximos de emissão do efluente tratado devem ser revistos, de modo a que se possa reduzir a PH cinzenta, levando a uma maior conservação do recurso natural. Recorde-se o facto de se estar a analisar dados relativos ao oceano e a aplicação da PH não ser específica para este meio.

Os hidrocarbonetos foram identificados inicialmente como o parâmetro mais crítico ao nível dos efluentes no sector petrolífero. A Figura 5.1 demonstra que na CLCM este parâmetro está a ser devidamente controlado, isto porque a PH cinzenta relativamente ao HT tem vindo a diminuir, alcançando em 2012 o valor de 837 m<sup>3</sup>, face aos 26 195 m<sup>3</sup> obtidos em 2009. É de realçar que em ambos os anos, o caudal efluente (Qe) foi de 3 200 m<sup>3</sup>, verificando-se de facto uma descida da concentração dos HT no efluente.

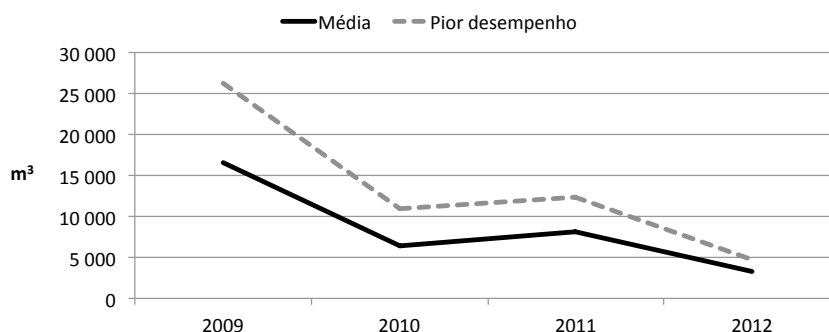
Posteriormente, efectuou-se a ponderação dos resultados obtidos para Cnat = 0 mg/L, de modo a obter um único valor para a PH cinzenta. De forma a verificar a influência da

ponderação dos parâmetros realizou-se uma análise de sensibilidade utilizando o pior desempenho, que corresponde ao maior valor obtido em cada ano para os três parâmetros em estudo (Tabela 5.4 e Figura 5.2).

**Tabela 5.4:** Resultados da pegada hídrica cinzenta ajustada à média e pior desempenho da CLCM, em  $\text{m}^3/\text{ano}$ .

| Ano         | PH cinzenta ( $\text{m}^3$ ) |                 |
|-------------|------------------------------|-----------------|
|             | Média                        | Pior desempenho |
| <b>2009</b> | 16 527                       | 26 195          |
| <b>2010</b> | 6 335                        | 10 929          |
| <b>2011</b> | 8 143                        | 12 343          |
| <b>2012</b> | 3 234                        | 4 724           |

Para a obtenção do resultado final da PH cinzenta considera-se o ajuste da média mais robusta, uma vez que abrange vários parâmetros, permitindo uma visão holística dos resultados e não focada em apenas um único parâmetro, nomeadamente o que apresenta o pior desempenho. Assim é considerado como resultado da PH cinzenta ajustada os valores obtidos para a média.



**Figura 5.2:** Evolução da pegada hídrica cinzenta média e pior desempenho, por ano.

### 5.1.3 Pegada Hídrica da instalação

A evolução do comportamento da PH da CLCM, apresentada na Tabela 5.5, em resultado da soma da PH azul corrigida com a PH cinzenta ajustada, demonstra um decréscimo de 60% entre 2009 e 2012. Esta diminuição da PH está em parte relacionada com a redução associada à actividade da CLCM, que registou um decréscimo de 42% na expedição de produtos, mas também pela redução que se verificou na PH azul e cinzenta, ao longo dos anos em estudo, implícita às medidas de eficiência hídrica implementadas internamente. Desta forma considera-se que há uma relação proporcional entre a PH das instalações e o desempenho da actividade, neste caso a expedição dos combustíveis líquidos. A PH da CLCM, nos anos 2009 a 2012, variou entre 25 185 e 10 064 m<sup>3</sup>, respectivamente.

Tabela 5.5: Pegada hídrica anual da instalação.

|                                    | 2009   | 2010   | 2011   | 2012   |
|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| PH da instalação (m <sup>3</sup> ) | 25 185 | 13 902 | 13 918 | 10 064 |

Na Figura 5.3 é apresentado o peso que cada PH, azul e cinzenta, representam na PH da instalação da CLCM. É de notar as variações ao longo dos anos para ambas as pegadas, constatando-se para a PH azul uma tendência de crescimento ao invés da PH cinzenta que tende a diminuir, verificando-se uma inversão de peso entre o ano 2009 e 2012.

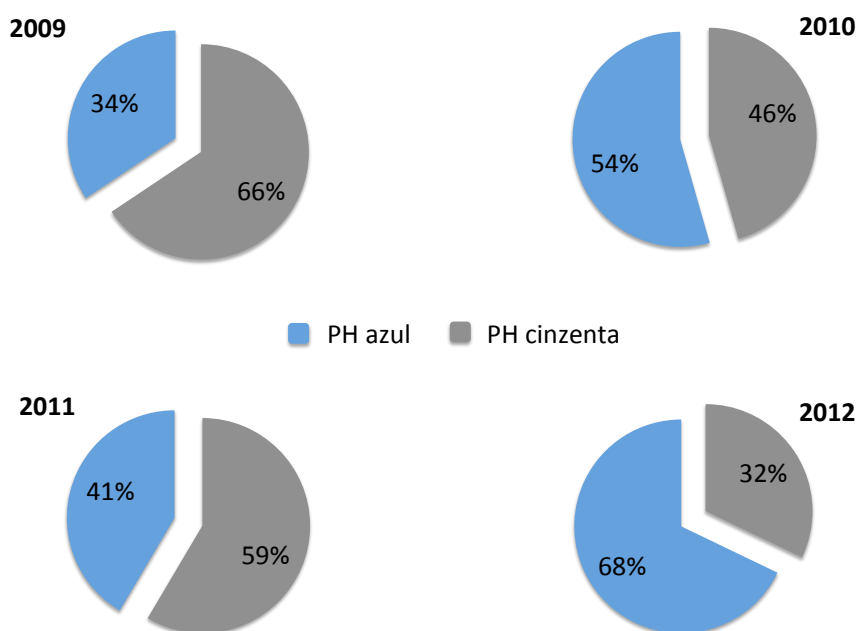


Figura 5.3: Representação do peso da pegada hídrica da CLCM.

A recente medida implementada pela CLCM em 2012, relativa ao encaminhamento dos efluentes domésticos para tratamento pela SDM, reflecte-se nesta figura, notando-se que apesar da redução total da PH da instalação, este também faz transparecer a sua

diminuição. Desta forma considera-se que a medida implementada é benéfica para a redução da PH da CLCM.

No geral verifica-se um aumento da representatividade da PH azul face ao ano 2009. O ano 2011 foi de facto um ano em que se verificou uma redução anormal dos usos de água, o que se reflecte na redução do peso da PH azul com 41%, face ao anterior 54% de 2011.

#### 5.1.4 Pegada Hídrica do produto

Na Tabela 5.6 são apresentados os resultados da PH do produto associada à etapa de armazenagem, em particular na CLCM.

**Tabela 5.6:** Pegada hídrica do produto associado à instalação

| Ano                 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 |
|---------------------|------|------|------|------|
| PH do produto (L/t) | 93   | 59   | 63   | 53   |

Como seria de esperar, a evolução da PH do produto tende a decrescer, visto as restantes pegadas também estarem a diminuir. No entanto a redução do volume de produto expedido contraria, de certa forma, esta tendência uma vez que se a PH da instalação se mantiver em decréscimo ou estabilizar e o produto expedido também, a PH do produto irá aumentar. Neste sentido haverá o uso da mesma água para um menor volume de produto.

Em suma, por cada tonelada de produto armazenado na CLCM, são usados entre 53 a 93 litros de água, por ano.

## 5.2 A Pegada hídrica Azul da CLCM vs parques de armazenagem em Cabo Verde

### 5.2.1 PH azul das instalações

Com o objectivo de comparar a PH azul, em dois contextos climáticos e sociais diferentes, utilizou-se um parque de armazenagem na Ilha da Madeira (CLCM) e três em Cabo Verde. Nesta abordagem não foram contabilizadas, para a CLCM, os usos das requalificações, uma vez que não estavam disponíveis esses dados para os parques em Cabo Verde. A Tabela 5.7 apresenta a PH azul de cada instalação.

Dos parques de armazenagem (PA) em Cabo Verde constata-se que o PA 1 é o que apresenta maiores usos de água, seguido do PA 2 e por último o PA 3. Quando comparada a estes PA, a CLCM evidencia uma maior utilização de água. No entanto não se pode concluir que a CLCM tem maior impacte, uma vez que ainda não foi comparada a actividade dos diferentes parques, como é analisado de seguida.

**Tabela 5.7:** Pegada hídrica azul anual das instalações, em Cabo Verde e na Madeira

| Localização | Madeira                                     | Cabo Verde             |                        |                        |
|-------------|---|------------------------|------------------------|------------------------|
|             | CLCM – sem requalificação (m <sup>3</sup> ) | PA 1 (m <sup>3</sup> ) | PA 2 (m <sup>3</sup> ) | PA 3 (m <sup>3</sup> ) |
| <b>2009</b> | 5 508                                       | n.d.                   | n.d.                   | n.d.                   |
| <b>2010</b> | 4 417                                       | n.d.                   | n.d.                   | n.d.                   |
| <b>2011</b> | 2 625                                       | 3 357                  | 1 303                  | 746                    |
| <b>2012</b> | 3 680                                       | 2 365                  | 1 237                  | 514                    |

Legenda: n.d. - dados não disponíveis

### 5.2.2 PH azul do produto

Os resultados da PH azul em função do volume de produto expedido de cada instalação, são apresentados na Tabela 5.8, ambos sem o reflexo das requalificações.

**Tabela 5.8:** Pegada hídrica azul do produto, em Cabo Verde e na Madeira.

| Localização | Madeira                         | Cabo Verde |            |            |
|-------------|---------------------------------|------------|------------|------------|
|             | CLCM – sem requalificação (L/t) | PA 1 (L/t) | PA 2 (L/t) | PA 3 (L/t) |
| <b>2009</b> | 20                              | n.d.       | n.d.       | n.d.       |
| <b>2010</b> | 19                              | n.d.       | n.d.       | n.d.       |
| <b>2011</b> | 12                              | 24         | 27         | 17         |
| <b>2012</b> | 19                              | 21         | 25         | 10         |

Legenda: n.d. - dados não disponíveis

Pela análise da tabela, verifica-se que na CLCM a PH azul do produto é relativamente estável ao longo dos anos, com exceção de 2011, variando assim anualmente entre os 12 e 20 L/t, sem os usos da requalificação. O ano 2012 apresenta uma PH azul do produto inferior aos restantes anos, uma vez que foi caracterizado anteriormente como um ano de menores usos de água.

Nos parques de armazenagem em Cabo Verde, a PH azul do produto varia entre os 10 e 27 L/t, sendo maior para o PA 2, seguido do PA 1 e por último o PA 3. É de notar que o PA 1 era o que apresentava maiores usos (Tabela 5.7), contudo é o PA 2 que revela uma maior PH azul do produto.

Nos anos, em que há resultados para todas as instalações, constata-se que em 2011 a CLCM apresenta a menor PH azul do produto, contudo como foi verificado anteriormente este era um ano atípico das instalações. Se nos cingirmos ao ano 2012 o PA 3

apresenta uma menor PH azul do produto com 10 L/t, seguido da CLCM com 19 L/t.

Uma vez que a PH cinzenta representa uma grande parte da PH da CLCM, considera-se que em Cabo Verde também esta pegada terá um peso significativo aquando do cálculo da PH total, o qual não foi possível concretizar nesta dissertação devido à falta de dados.

Considera-se que devem ser tidas em conta medidas que visem a redução dos usos de água, por um lado por existir essa possibilidade uma vez que a CLCM o demonstra, e por outro com o objectivo de preservar os recursos hídricos. Em Cabo Verde a água utilizada é maioritariamente proveniente de dessalinização, com origem no Oceano Atlântico, o que por sua vez acarreta um consumo energético elevado. Neste sentido a redução do uso de água permitirá a minimização de dois tipos de consumos, hídrico e energético. Uma das limitações para a redução da PH em Cabo Verde prende-se com as inconstantes variações sociais e tecnológicas que este país sofre actualmente.

Assim, face a uma situação com escassez hídrica, verificam-se variações não muito significativas. Contudo cada instalação está dependente da sua localização geográfica, e contexto climático e económico, como tal deverão ser ajustadas medidas que visem a minimização do uso dos recursos hídricos, atendendo à disponibilidade hídrica da região.





## Conclusões

### 6.1 Síntese

Ao longo da abordagem da PH aos parques de armazenagem foram necessários ajustes ao nível da metodologia geral, nomeadamente no que diz respeito à PH cinzenta. Assim, por se considerar que a qualidade de um recurso hídrico não se baseia em apenas um dos parâmetros existentes, utilizou-se para o cálculo da PH cinzenta a média dos três parâmetros em estudo, CQO, CBO<sub>5</sub> e HT. Da adição da PH azul e cinzenta resultou na PH da CLCM com variação entre 25 185 e 10 064 m<sup>3</sup> entre 2009 e 2012, respectivamente. A PH azul da CLCM apresenta uma tendência de crescimento face à PH cinzenta, o que se deve a medidas implementadas internamente e redução das concentrações descarregadas. A PH associada ao produto movimentado na CLCM demonstrou uma variação entre 93 L/t em 2009 e 53 L/t em 2012. Constatou-se que estas reduções também são devidas à diminuição dos volumes de produto expedidos das instalações, concluindo-se que a PH é influenciada pela variável desempenho da actividade.

Na comparação da PH azul entre a CLCM e os parques de armazenagem em Cabo Verde, verificaram-se variações não muito significativas. Com excepção do PA 3, a CLCM apresentou um melhor desempenho da PH do produto. Contata-se que a PH dos parques de armazenagem varia em função da sua localização geográfica e tecnologias disponíveis. Os usos de água nos parques de armazenagem de combustíveis variam em função das requalificações realizadas e volume de produto expedido, contudo não foi possível quantificar essa relação devido ao reduzido número de anos em estudo.

No caso particular dos parques de armazenagem em Cabo Verde considera-se que devem ser tidas em conta medidas que visem a redução dos usos de água, por um lado por existir essa possibilidade uma vez que a CLCM o demonstra, e por outro com o

objectivo de preservar os recursos hídricos. Nessas medidas deverá ser tido em conta a eficiência energética. Em Cabo Verde a água utilizada é maioritariamente proveniente de dessalinização, com origem no Oceano Atlântico, o que por sua vez acarreta um consumo energético elevado. Neste sentido a redução do uso de água permitirá a minimização de dois tipos de consumos, hídrico e energético. Uma das limitações para a redução da PH em Cabo Verde prende-se com as inconstantes variações sociais e tecnológicas que este país sofre actualmente.

Apesar das suas limitações na aplicabilidade aos casos de estudo apresentados, a PH tem potencialidade para ser tornar um indicador cada vez mais global e abrangente, capaz de caracterizar a performance das instalações industriais. É de notar a capacidade que este indicador teve na adaptação ao caso de estudo, nomeadamente ao nível da utilização de diversos parâmetros de qualidade da água e ajuste da dimensão da requalificação.

A inexistência de outros estudos da PH de parques de armazenagem de combustíveis, torna difícil a comparação dos resultados obtidos nesta dissertação por falta de um termo comparativo. Nesse sentido, este estudo pioneiro na sua aplicação revela-se de extrema utilidade para trabalhos futuros neste campo.

Ao longo da pesquisa realizada sobre esta temática, verificou-se a existência de algumas lacunas ao nível da legislação nacional e europeia, nomeadamente no que diz respeito às amostragens necessárias para a monitorização do estado de um meio hídrico. A legislação deve ser actualizada estabelecendo padrões de descarga mais rigorosos, de forma a melhorar a preservação do meio hídrico e consequentemente a sua sustentabilidade. Sobretudo devem ser implementadas acções que visem a monitorização sazonal do meio hídrico. Considera-se neste sentido que há uma falta de suporte governamental ao nível da monitorização dos requisitos impostos na legislação e consequentemente da qualidade dos meios hídricos.

São enunciadas, de seguida, algumas recomendações a ter em consideração, em particular para as instalações da CLCM, mas que podem ter aplicação em outras instalações:

- A utilização de água potável em toda a ZFI, em particular nas instalações da CLCM, considera-se desapropriado. Existe desperdício de um recurso com qualidade desnecessária para determinadas operações, o que implica um agravamento da PH, embora não tenha sido calculada essa influência. A solução pode passar pelo uso de água não potável nas instalações, água essa que deve satisfazer determinados parâmetros de qualidade de modo a não originar problemas excessivos nas condutas, tanque, entre outros.
- No contador PT 15 abrange a menor fatia de usos da CLCM, e demonstra que os usos de água das actividades desenvolvidas nessa plataforma, não têm tanto uso e representatividade como nos restantes contadores. No entanto o facto deste contador de cingir a uma porção menor das instalações permite uma melhor visualização dos seus usos. Para melhor monitorização e apreciação dos usos de água,

recomenda-se a instalação de um maior número de contadores, com prioridade para a fábrica de garrafas de gás (associado ao contador PT 20) visto esta ser uma das zonas com maior uso de água.

- Considera-se essencial a obtenção de uma licença ambiental para a descarga de efluentes da CLCM, que permita a correcta identificação das concentrações limites que devem ser características do efluente da CLCM ajustado ao meio receptor específico, neste caso o Oceano Atlântico.
- Com o objectivo de reduzir a PH associada ao processo nos parques de armazenagem e do produto, recomenda-se a implementação ou revalidação de medidas ao nível dos usos similares urbanos, descritas na Tabela 2.2, acompanhadas de um envolvimento dos funcionários, desenvolvendo acções de formação e sensibilização. Recomenda-se ainda adequação de tecnologias mais eficientes ao nível hídrico e uma constante monitorização e gestão dos recursos hídricos nas suas instalações. Por último a reutilização da água efluente tratada.
- Alcançar o objectivo zero para as concentrações de hidrocarbonetos na CLCM e em todos os parques de armazenagem, permitindo a redução da PH e a melhoria do meio receptor. O objectivo zero consiste na redução das concentrações de hidrocarbonetos para 0 mg/L e igualar os parâmetros CBO<sub>5</sub> e CQO aos valores característicos do meio receptor. Esta abordagem pode ser realizada faseadamente com a definição de metas qualitativas para determinados períodos de tempo.
- De acordo com o Decreto-Lei n.º 147/2008, é necessário caracterizar o estado inicial de uma instalação, definindo este estado como a situação no momento da ocorrência do dano causado aos recursos naturais e aos serviços, que se verificaria se o dano causado ao ambiente não tivesse ocorrido, avaliada com base na melhor informação disponível. Assim a instalação de piezômetros no parque para a amostragem de água subterrânea, permitirá a verificação de ocorrências de derrames de combustíveis, nos tanques de armazenagem.

## 6.2 Desenvolvimentos futuros

No decorrer da presente dissertação identificaram-se questões que podem vir a ser respondidas em futuros trabalhos. A resposta a tais questões poderá preencher lacunas da presente dissertação ou concretizar a aplicação desta metodologia às restantes etapas do ciclo de vida dos combustíveis, permitindo assim o culminar do cálculo da pegada hídrica associada aos combustíveis derivados de petróleo.

Foi considerado ao longo da dissertação, que o número de anos amostrais, é reduzido, constituindo-se como uma limitação para a caracterização eficaz das instalações. Neste sentido recomenda-se, numa próxima abordagem, a integração de uma amostra maior

relativamente à escala temporal, de modo a verificar as variações e permitir assim estabelecer um padrão de consumo típico das instalações, com o objectivo de desenvolver melhores propostas que visem o uso eficiente do recurso água.

Seria interessante o estudo da PH associada a outras etapas do processo dos combustíveis, permitindo culminar o cálculo da PH do produto, os combustíveis fósseis e se possível, dos produtos individualizados. Para tal é imprescindível a recolha de dados que permitam o sustento dos resultados, e uma janela temporal extensa, visto este último ter sido identificado como um dos factores limitativos desta dissertação.

Ainda como outras propostas, sugere-se a realização de estudo de energia *versus* uso da água, de forma a perceber qual o contributo do uso de água associado à pegada de carbono, nos parques de armazenagem de combustíveis e restantes instalações do sector petrolífero. Para finalizar sugere-se ainda o estudo da avaliação da sustentabilidade da PH desta e de outras etapa do processo dos combustíveis líquidos.

# Bibliografia

- 2030 Water Resources Group (2009). *Charting our water future: economic frameworks to inform decision-making*. 2030 Water Resources Group. URL: [http://www.mckinsey.com/client\\_service/sustainability/latest\\_thinking/charting\\_our\\_water\\_future](http://www.mckinsey.com/client_service/sustainability/latest_thinking/charting_our_water_future).
- Agripro Ambiente (2002). *Estudo de Impacte Ambiental do Parque de Armazenagem de Combustíveis do Caniçal*. Rel. téc.
- AIE (2013). *Atlantic Islands Electricity (AIE) recebe Prémio Ambiental ZFI, Portal da Qualidade da Região Autónoma da Madeira*. (Visualizado a 9 de Setembro 2013). URL: <http://www.qualidademadeira.com.pt/noticia/atlantioc-islands-electricity-aie-recebe-premio-ambiental-zfi>.
- APA (2012). *Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água*. Rel. téc.
- APETRO (2013). *Site da Associação Portuguesa de Empresas Petrolíferas (APETRO)*. (Visualizado a 18 de Setembro de 2013). URL: [http://www.apetro.pt/index.php?option=com\\_content&task=view&id=79&Itemid=116](http://www.apetro.pt/index.php?option=com_content&task=view&id=79&Itemid=116).
- APETRO e URS (2012). *Guia Setorial de Responsabilidade Ambiental para a Armazenagem de Produtos Petrolíferos - Regiões Autónomas*. URL: [http://www.apetro.pt/index.php?option=com\\_content&task=view&id=228](http://www.apetro.pt/index.php?option=com_content&task=view&id=228).
- Arjen Y Hoekstra, Ashok K Chapagain (2008). *Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources*. Publishing Blackwell.
- Arnell, Nigel W (2004). "Climate change and global water resources: SRES emissions and socio-economic scenarios". English. Em: *Global Environmental Change* 14.1, pp. 31–52. DOI: [10.1016/j.gloenvcha.2003.10.006](https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2003.10.006).
- Badran, Ali A e Mohammed A Hamdan (1998). "Utilization of solar energy for heating fuel oil". Em: *Energy conversion and management* 39.1, pp. 105–111. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890496001720>.
- Bayart, Jean Baptiste et al. (2010). "A framework for assessing off-stream freshwater use in LCA". Em: *The International Journal of Life Cycle Assessment* 15, pp. 439–453.
- Brown, Amber e Marty D Matlock (2011). *A Review of Water Scarcity Indices and Methodologies*. The Sustainability Consortium.

- CLCM (2012). *Relatório de Segurança*. Português. Rel. téc. RS-CLCM-003.14.
- CONCAWE (2012). *Trends in oil discharged with aqueous effluents from oil refineries in Europe*. Rel. téc. 2/11. URL: [https://www.concawe.eu/DocShareNoFrame/docs/1/HHMLELNDINNPAILNKLIMBMMKVEVCWY9Y9YBYW3BDC1C3/CEnet/docs/DLS/Rpt\\_11-2-2011-00858-01-E.pdf](https://www.concawe.eu/DocShareNoFrame/docs/1/HHMLELNDINNPAILNKLIMBMMKVEVCWY9Y9YBYW3BDC1C3/CEnet/docs/DLS/Rpt_11-2-2011-00858-01-E.pdf).
- Corcoran, Emily et al. (2010). "Sick water?. The central role of wastewater management in sustainable development. A rapid response assessment". Em: URL: <http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IscScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=183302&indexSearch=ID>.
- Costanza, Robert e Herman E Daly (1992). "Natural capital and sustainable development". Em: *Conservation Biology* 1, pp. 37–46.
- Den Haan, Klaas (2012). *Water in EU Legislation & Refining Industry's Response*. CONCAWE. URL: <http://www.concawe.org>.
- Ó, Afonso do et al. (2011). *Pegada Hídrica de Portugal*. Rel. téc. URL: [http://awsassets.panda.org/downloads/relsum\\_pegadahidrica.pdf](http://awsassets.panda.org/downloads/relsum_pegadahidrica.pdf).
- D, Santos e Aguiar R (2006). *Impactos e Medidas de Adaptação às Alterações Climáticas no Arquipélago da Madeira - Projecto Climaat II*. DRAM. URL: [http://www.sra.pt/files/PDF/Destaques/Brochura%20CLIMAAT\\_II\\_MadeiraFINAL.pdf](http://www.sra.pt/files/PDF/Destaques/Brochura%20CLIMAAT_II_MadeiraFINAL.pdf).
- EC (2007). *Communication from the Commission to the European Parliament and the Council addressing the challenge of water scarcity and droughts in the European Union*. Commission of the European Communities. URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0414:FIN:EN:PDF>.
- (2012). *Report on the Review of the European Water Scarcity and Droughts Policy (SWD(2012) 380 final)*. European Commission.
- EEA (2012). *Towards efficient use of water resources in Europe*. DOI: 10.2800/95096. URL: <http://www.eea.europa.eu/publications/towards-efficient-use-of-water>.
- FAO (2013). *AQUASTAT - FAO's Information System on Water and Agriculture*. (Visualizado a 23 de Junho de 2013). URL: <http://www.fao.org/nr/aquastat>.
- Galli, Alessandro et al. (2011). *Integrating Ecological Carbon Water Footprint: Defining the "Footprint Family" and its Application in Tracking Human Pressure on the Planet*. OPEN. URL: [http://www.oneplanetecconomynetwork.org/resources/programme-documents/WP8\\_Integrating\\_Ecological\\_Carbon\\_Water\\_Footprint.pdf](http://www.oneplanetecconomynetwork.org/resources/programme-documents/WP8_Integrating_Ecological_Carbon_Water_Footprint.pdf).
- Galp Energia (2012). *Aplicação da Ferramenta Global Water Tool for Oil & Gas*.
- (2013). *CLCM - Companhia Logística de Combustíveis da Madeira - Galp Energia*. (Visualizado a 3 de Junho de 2013). URL: <http://www.galpenenergia.com/PT/agalpenenergia/os-nossos-negocios/Refinacao-Distribuicao/ARL/Paginas/CLC.aspx>.

- General Electric Company (2008). *Sustainability Playbook*. Rel. téc. URL: <http://www.gewater.com/water-footprint.jsp>.
- Gerbens-Leenes, P W e A Y Hoekstra (2008). "Business water footprint accounting: A tool to assess how production of goods and services impacts on freshwater resources worldwide". Em: *Value of Water Research Report Series no. 29*.
- Gerbens-Leenes, P W, A R van Lienden et al. (2012). "Biofuel scenarios in a water perspective: The global blue and green water footprint of road transport in 2030". Em: *Global Environmental Change* 22.3, pp. 764-775. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2012.04.001. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.04.001>.
- Guieysse, Benoit, Quentin Béchet e Andy Shilton (2012). "Variability and uncertainty in water demand and water footprint assessments of fresh algae cultivation based on case studies from five climatic regions". Em: *BIORESOURCETECHNOLOGY* 128.C, pp. 317-323.
- Hagman, Johan et al. (2013). "Do biofuels require more water than do fossil fuels? Life cycle-based assessment of jatropha oil production in rural Mozambique". Em: *Journal of Cleaner Production*, pp. 1-10. DOI: 10.1016/j.jclepro.2013.03.039. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.03.039>.
- Hoekstra, Arjen Y (2010). "The water footprint: water in the supply chain". Em: *The environmentalist*, pp. 1-2.
- Hoekstra, Arjen Y, Ashok K Chapagain et al. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual*. English. Setting the Global Standard. Earthscan. ISBN: 978-1-84971-279-8. URL: [http://books.google.com/books?id=ZtdFcFbrhJIC&printsec=frontcover&dq=intitle:The+Water+Footprint+Assessment+Manual&hl=&cd=1&source=gbs\\_api](http://books.google.com/books?id=ZtdFcFbrhJIC&printsec=frontcover&dq=intitle:The+Water+Footprint+Assessment+Manual&hl=&cd=1&source=gbs_api).
- Hoekstra, A Y (2003). *Virtual Water Trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade*. Virtual water trade. URL: <http://www.unesco-ihe.org/content/download/1931/20430/file/Report12-hoekstra.pdf#page=13>.
- Hoekstra, A Y e P Q Hung (2002). "A Quantification of Virtual Water Flows Between Nations in Relation to International Crop Trade". English. Em: *Virtual Water Trade*. URL: [http://scholar.google.com/scholar?q=related:0q2FquPRLHAJ:scholar.google.com/&hl=en&num=20&as\\_sdt=0,5](http://scholar.google.com/scholar?q=related:0q2FquPRLHAJ:scholar.google.com/&hl=en&num=20&as_sdt=0,5).
- IGA (2013). *Sistema de Abastecimento de Água na Ilha da Madeira. (Visualizado a 3 de Junho de 2013)*. URL: [http://iga.igserv.pt/ficheiros/downloads/Mapa\\_Madeira\\_interactivo.pdf](http://iga.igserv.pt/ficheiros/downloads/Mapa_Madeira_interactivo.pdf).
- INAG (2013). *Consumo de Água em Portugal. (visualizado a 22 de Junho de 2013)*. URL: <http://portaldaagua.inag.pt/PT/InfoUtilizador/UsoEficiente/Pages/ConsumoPortugal.aspx>.
- Instituto Hidrográfico (2013). "Assunto: RE: [20130708131600]Cedência de dados". Em: *Email: cedencia.dados@hidrografico.pt; Data: 10 de Julho de 2013, 8:26*.

- International Water Management Institute, Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture Program e D David Molden (2007). *Water for food, water for life : a comprehensive assessment of water management in agriculture*. English. London ; Sterling, VA : Earthscan. ISBN: 9781844073962. URL: <http://lccn.loc.gov/2008297586>.
- IST (2012). "Disciplina de Saneamento. Aula 25: Introdução à qualidade da água". Em: pp. 1–54. URL: [https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/1096845/1/S07\\_AT\\_Aulas\\_25\\_a\\_27\\_Qualidade%20da%20Agua\\_2011\\_2012\\_V2.pdf](https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/1096845/1/S07_AT_Aulas_25_a_27_Qualidade%20da%20Agua_2011_2012_V2.pdf).
- Jeswani, Harish Kumar e Adisa Azapagic (2011). "Water footprint: methodologies and a case study for assessing the impacts of water use". Em: *Journal of Cleaner Production* 19.12, pp. 1288–1299.
- Karavitis, Christos A (2008). "Uso da Água na Europa". Em: *Land Care In Desertification Affected Areas A*, pp. 1–11. URL: [http://geografia.fcsh.unl.pt/lucinda/booklets/B5\\_Booklet\\_Final\\_PT.pdf](http://geografia.fcsh.unl.pt/lucinda/booklets/B5_Booklet_Final_PT.pdf).
- Kawabe, Midori e Masaki Kawabe (1997). "Factors determining chemical oxygen demand in Tokyo Bay". Em: *Journal of Oceanography* 53.5, pp. 443–453. URL: <http://svr4.terrapub.co.jp/journals/JO/pdf/5305/53050443.pdf>.
- King, Carey W, Michael E Webber e Ian J Ducan (2009). "The water needs for LDV transportation in the United States". Em: *Energy Policy*, pp. 1157–1167. DOI: 10.1016/j.enpol.2009.11.004.
- Knoloblauch, Doris e Alexander Neubauer (2010). *Pre-modelling analysis of the Footprint family of indicators in EU and international policy contexts*. OPEN: EU.
- Kossida, Maggie et al. (2012). *Vulnerability to Water Scarcity and Drought in Europe*. ETC/ICM. URL: [http://icm.eionet.europa.eu/ETC\\_Reports/VulnerabilityToWaterScarcityAndDro](http://icm.eionet.europa.eu/ETC_Reports/VulnerabilityToWaterScarcityAndDro)
- Liu, S et al. (2010). "Impacts of residence time during storage on potential of water saving for grey water recycling system". Em: *Water Research* 44.1, pp. 267–277. DOI: 10.1016/j.watres.2009.09.023. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2009.09.023>.
- MADRRM e INMG (2010). *Segunda Comunicação Nacional de Cabo Verde para as Mudanças Climáticas*. Rel. téc.
- Mendes, Benilde e J F Santos Oliveira (2004). *Qualidade da água para consumo humano*. Lidel. ISBN: 978-972-757-274-8.
- Ministério do Ambiente (1998). "Decret-Lei n.º 236/1998, de 1 de Agosto". Em: *Diário da República - I Série-A*, pp. 1–47.
- Ministério do Ambiente Agricultura e Pescas (2004). *Livro Branco sobre o Estado do Ambiente em Cabo Verde*. Rel. téc.
- Moser, Titus (2001). "MNCs and sustainable business practice: The case of the Colombian and Peruvian petroleum industries". Em: *World Development* 29.2, pp. 291–309. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305750X00000942>.
- Nations, United (1987). *Our Common Future*. URL: [http://conspect.nl/pdf/Our\\_Common\\_Future-Brundtland\\_Report\\_1987.pdf](http://conspect.nl/pdf/Our_Common_Future-Brundtland_Report_1987.pdf).



- Peixoto, João (2007). *Laboratórios de Tecnologias Ambientais, Análises Físico-Químicas de Matéria Orgânica*.
- Peixoto, José Pinto (1979). *O ciclo da água em escala global*. Português. 2ª ed. Lisboa: Comissão Nacional do Ambiente.
- Pereira, Luis Santos (2007). "Uso Sustentável da Água e Convivência com a Escassez: Revisando Conceitos e Indicadores". Em: *Ingenieria del agua* 14, pp. 237–250. URL: <http://upcommons.upc.edu/handle/2099/10557>.
- Pfister, Stephan e Hellweg (out. de 2009). "Reply to Pfister and Hellweg: Water footprint accounting, impact assessment, and life-cycle assessment". Em: *PNAS* 106.40, pp. 1–1.
- Pitman, G K (2002). *Bridging Troubled Waters: Assessing the World Bank Water Strategy*. World Bank, Washington DC. ISBN: 0-8213-5140-0.
- PNUD (2006). *Relatório de Desenvolvimento Humano 2006*. URL: [http://hdr.undp.org/en/media/05-Chapter4\\_PT.pdf](http://hdr.undp.org/en/media/05-Chapter4_PT.pdf).
- Postel, Sandra L (2000). "Entering an era of Water Scarcity: The Challenges Ahead". Em: *Ecological Applications* 10, pp. 941–948. URL: <http://www2.fiu.edu/~glows/readings/Postel2000.pdf>.
- Postel, Sandra L, Gretchen C Daily e Paul R Ehrlich (1996). "Human appropriation of renewable fresh water". Em: *Science-AAAS-Weekly Paper Edition* 271.5250, pp. 785–787. URL: [http://worldtracker.org/media/library/Science/Science%20Magazine/science%20magazine%201995-1996/root/data/Science%201995-1996/pdf/1996\\_v271\\_n5250/p5250\\_0785.pdf](http://worldtracker.org/media/library/Science/Science%20Magazine/science%20magazine%201995-1996/root/data/Science%201995-1996/pdf/1996_v271_n5250/p5250_0785.pdf).
- Ridoutt, B G, S J Eady et al. (abr. de 2009). "Water footprinting at the product brand level: case study and future challenges". Em: *Journal of Cleaner Production* 17.13, pp. 1228–1235. DOI: 10.1016/j.jclepro.2009.03.002. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.03.002>.
- Ridoutt, Bradley G e Stephan Pfister (jun. de 2012). "A new water footprint calculation method integrating consumptive and degradative water use into a single stand-alone weighted indicator". English. Em: *The International Journal of Life Cycle Assessment* 18.1, pp. 204–207. DOI: 10.1007/s11367-012-0458-z. URL: <http://link.springer.com/10.1007/s11367-012-0458-z>.
- Rijsberman, Frank R (2004). "Water Scarcity: Fact or Fiction?" Em: *IWMI*, pp. 1–14.
- Rockström, Johan et al. (2009). "Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity". Em: *Ecology and society* 14.2, p. 32. URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/main.html>.
- SABMiller e WWF-UK (2009). *Water Footprinting: Identifying & Addressing water risks in the value chain*. Rel. téc. URL: <http://www.waterfootprint.org/>.
- Scown, Corinne D, Arpad Horvath e Tomas E McKone (mar. de 2011). "Water Footprint of U.S. Transportation Fuels". Em: *Environmental Science & Technology*, pp. 2541–2553. DOI: 10.1021/es102633h. URL: <http://pubs.acs.org/est>.

- Shiklomanov, Igor A (1998). "World water resources: a new appraisal and assessment for the 21st century". Em: URL: <http://www.ce.utexas.edu/prof/mckinney/ce385d/Papers/Shiklomanov.pdf>.
- Shiklomanov, Igor A e John C Rodda (2003). *World water resources at the beginning of the twenty-first century*. Cambridge University Press Cambridge. ISBN: 0521820855. URL: <http://catdir.loc.gov/catdir/samples/cam034/2002031201.pdf>.
- UNEP (2008). *An Overview of the State of the World's Fresh and Marine Waters*. (Visualizado a 8 de Agosto 2013). URL: <http://www.unep.org/dewa/vitalwater/article97.html>.
- United Nations Global Environment Monitoring System GEMS Water Programme (2008). *Water Quality for Ecosystem and Human Health*. URL: <http://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=8kA6FCCAwn4C&oi=fnd&pg=PR6&dq=Water+Quality+for+ecosystem+and+human+health&ots=EdYOBKtSiv&sig=kVPuX36aLwDDyrMvZcks1CcVYx8>.
- WBCSD (1998). *Industry, Fresh Water and Sustainable Development*. URL: [http://books.google.pt/books?id=K1s8cgAACAAJ&dq=intitle:Industry+Fresh+Water+and+Sustainable+Development&hl=&cd=2&source=gbs\\_api](http://books.google.pt/books?id=K1s8cgAACAAJ&dq=intitle:Industry+Fresh+Water+and+Sustainable+Development&hl=&cd=2&source=gbs_api).
- (2010). *Water for Business*.
- Willhite, Donald A (2005). *Drought and Water Crises*. Science, Technology, and Management Issues. CRC Press. ISBN: 9780824727710. URL: [http://books.google.pt/books?id=\\_OLRd7xbt9MC&dq=intitle:Drought+and+Water+Crises&hl=&cd=1&source=gbs\\_api](http://books.google.pt/books?id=_OLRd7xbt9MC&dq=intitle:Drought+and+Water+Crises&hl=&cd=1&source=gbs_api).
- WWAP (2009). *The United Nations World Water Development Report 3*. English. Ed. por Earthscan e UNESCO Publishing. Water in a Changing World. Earthscan. ISBN: 978-1-84407-839-4. URL: [http://books.google.com/books?id=7YA5q8x2wJ8C&printsec=frontcover&dq=intitle:WATER+IN+A+CHANGING+WORLD+2009&hl=&cd=11&source=gbs\\_api](http://books.google.com/books?id=7YA5q8x2wJ8C&printsec=frontcover&dq=intitle:WATER+IN+A+CHANGING+WORLD+2009&hl=&cd=11&source=gbs_api).
- (2012). *The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and Risk*. English. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. URL: [http://books.google.com/books?id=mMGGA13ssaQC&pg=RA1-PA376&dq=intitle:Managing+Water+under+Uncertainty+and+Risk+2012&hl=&cd=2&source=gbs\\_api](http://books.google.com/books?id=mMGGA13ssaQC&pg=RA1-PA376&dq=intitle:Managing+Water+under+Uncertainty+and+Risk+2012&hl=&cd=2&source=gbs_api).



## **Dados Recolhidos**

Tabela A.1: Monitorização dos contadores de água, ano 2009 e 2010.

| <b>2009</b>    |           | Total consumido (m3) |      |       | Total |
|----------------|-----------|----------------------|------|-------|-------|
| Leitura Mensal | Mês       | PT 15                | PT16 | PT 20 |       |
| 01/01/09       |           |                      |      |       |       |
| 31/01/09       | Janeiro   | 8                    | 23   | 527   | 558   |
| 28/02/09       | Fevereiro | 5                    | 16   | 506   | 527   |
| 31/03/09       | Março     | 5                    | 12   | 540   | 557   |
| 01/05/09       | Abril     | 1                    | 13   | 1586  | 1600  |
| 31/05/09       | Maio      | 4                    | 51   | 366   | 421   |
| 30/06/09       | Junho     | 1                    | 82   | 348   | 431   |
| 31/07/09       | Julho     | 6                    | 117  | 262   | 385   |
| 31/08/09       | Agosto    | 11                   | 127  | 148   | 286   |
| 30/09/09       | Setembro  | 9                    | 78   | 190   | 277   |
| 31/10/09       | Outubro   | 9                    | 49   | 218   | 276   |
| 01/12/09       | Novembro  | 2                    | 31   | 52    | 85    |
| 01/01/10       | Dezembro  | 8                    | 27   | 70    | 105   |
| Anual          |           | 69                   | 626  | 4813  | 5508  |

| <b>2010</b>    |           | Total consumido (m3) |      |       | Total |
|----------------|-----------|----------------------|------|-------|-------|
| Leitura Mensal | Mês       | PT 15                | PT16 | PT 20 |       |
| 01/01/10       |           |                      |      |       |       |
| 31/01/10       | Janeiro   | 2                    | 27   | 82    | 111   |
| 28/02/10       | Fevereiro | 4                    | 31   | 595   | 630   |
| 31/03/10       | Março     | 1                    | 37   | 583   | 621   |
| 31/04/10       | Abril     | 1                    | 103  | 120   | 224   |
| 31/05/10       | Maio      | 1                    | 91   | 183   | 275   |
| 30/06/10       | Junho     | 3                    | 0    | 192   | 195   |
| 31/07/10       | Julho     | 6                    | 54   | 105   | 165   |
| 01/09/10       | Agosto    | 2                    | 92   | 230   | 324   |
| 01/10/10       | Setembro  | 3                    | 93   | 220   | 316   |
| 30/10/10       | Outubro   | 3                    | 43   | 370   | 416   |
| 30/11/10       | Novembro  | 2                    | 22   | 974   | 998   |
| 05/01/11       | Dezembro  | 5                    | 1    | 936   | 942   |
| Anual          |           | 33                   | 594  | 4590  | 5217  |

Tabela A.2: Monitorização dos contadores de água, ano 2011 e 2012.

| <b>2011</b>    |           | Total consumido (m3) |      |       | Total |
|----------------|-----------|----------------------|------|-------|-------|
| Leitura Mensal | Mês       | PT 15                | PT16 | PT 20 |       |
| 05/01/11       |           |                      |      |       |       |
| 01/02/11       | Janeiro   | 3                    | 1    | 159   | 163   |
| 01/03/11       | Fevereiro | 7                    | 2    | 12    | 21    |
| 31/03/10       | Março     | 4                    | 2    | 9     | 15    |
| 30/04/11       | Abril     | 3                    | 1    | 119   | 123   |
| 31/05/11       | Maio      | 3                    | 1    | 261   | 265   |
| 30/06/11       | Junho     | 6                    | 1    | 208   | 215   |
| 31/07/11       | Julho     | 7                    | 0    | 27    | 34    |
| 31/08/11       | Agosto    | 2                    | 1    | 216   | 219   |
| 30/09/11       | Setembro  | 3                    | 92   | 209   | 304   |
| 31/10/11       | Outubro   | 10                   | 141  | 13    | 164   |
| 30/11/11       | Novembro  | 18                   | 136  | 15    | 169   |
| 01/01/12       | Dezembro  | 4                    | 125  | 4     | 133   |
| Anual          |           | 70                   | 503  | 1252  | 1825  |

| <b>2012</b>    |           | Total consumido (m3) |       |       | Total |
|----------------|-----------|----------------------|-------|-------|-------|
| Leitura Mensal | Mês       | PT 15                | PT 16 | PT 20 |       |
| 31             | Janeiro   | 12                   | 119   | 110   | 241   |
| 29             | Fevereiro | 6                    | 120   | 240   | 366   |
| 31             | Março     | 2                    | 136   | 180   | 318   |
| 30             | Abril     | 13                   | 119   | 250   | 382   |
| 31             | Maio      | 2                    | 107   | 280   | 389   |
| 30             | Junho     | 10                   | 126   | 350   | 486   |
| 31             | Julho     | 7                    | 125   | 370   | 502   |
| 31             | Agosto    | 2                    | 128   | 242   | 372   |
| 29             | Setembro  | 2                    | 106   | 238   | 346   |
| 31             | Outubro   | 2                    | 69    | 52    | 123   |
| 30             | Novembro  | 2                    | 24    | 58    | 84    |
| 31             | Dezembro  | 1                    | 30    | 40    | 71    |
| Anual          |           | 61                   | 1209  | 2410  | 3680  |



Sede:  
Taguspark - Parque de Ciência e Tecnologia  
Edifício Tecnologia III, 61/64 B  
2740-257 Porto Salvo  
Tel.: 21 422 03 50/59  
Fax.: 21 422 03 61  
E-mail: global@agroleico.pt  
http://www.agroleico.pt

Delegação Açores:  
Av. Infante D. Henrique  
Nº 47, 5º Dto  
9500-150 Ponta Delgada  
Tel.: 29 630 84 55  
Fax.: 29 630 84 59  
E-mail:  
agroleico.acores@mail.telepac.pt

BOLETIM DE ANÁLISE Nº: 2012\_6781



Boletim Definitivo

AMOSTRA Nº: 6781

Versão: 1.0

RECEBIDA NO LABORATÓRIO: 03/04/2012

CLIENTE: CLCM-COMP.LOGISTICA DE COMBUSTIVEIS DA MADEIRA

MORADA: -

PRODUTO: Águas Residuais (D.L.)  
Efluente Final

COLHEITA: Efectuada por  
Ecoatlântico

LOCAL DE COLHEITA: ETARI CLCM

DATA COLHEITA: 02/04/2012

PONTO COLHEITA:

CONTROLO:

INDICAÇÕES Amostra Pontual

DO RÓTULO:

ACONDICIONAMENTO Frasco de vidro escuro 1L + Frasco de Vidro Escuro  
DA AMOSTRA: 250mL (HT) - Subc. + Garrafa de plástico 1,5L

DATA INÍCIO: 03/04/2012

DATA CONCLUSÃO: 24/05/2012

| Parâmetro                             | Método de Análise   | Limite Lei a) | Resultado          |
|---------------------------------------|---|---------------|--------------------|
| pH (19 °C)                            | Potenciometria - NP 411:1966  | (6,0 - 9,0)   | 7,4 Unidades de pH |
| Sólidos suspensos totais              | Gravimetria - SMEWW 2540 D  | 60            | < 5 (LQ) mg/L      |
| Consumo bioquímico de oxigénio (CBO5) | Método manométrico - ME-66 rev.06 de 18/01/2008                           | 40            | < 10 (LQ) mg/L O2  |
| Consumo químico de oxigénio (CQO)     | ME-104 (SMEWW 5220D) rev. 03 de 03/03/2009                                | 150           | < 30 (LQ) mg/L O2  |
| Azoto Amoniacal                       | Adaptação Tecator - ME-58 (C/ base na ISO 5664:1984) rev.03 de 24/03/2008 | 10            | < 6 (LQ) mg/L NH4+ |
| Nitratos                              | Colorimetria -ME-258 (C/ base na NP 4338-1:1996) rev.2 de 22/08/2011 *    | 50            | < 10 (LQ) mg/L NO3 |
| Hidrocarbonetos totais                | LLE-FTIR ***  | 15            | < 0,15 (LQ) mg/L   |

a) Os valores são estabelecidos pelo DL n.º 236/98.

**Observações:**

Ponto de colheita: 32°44'33.48"N e 16.43'36.44"W

Ponto de Descarga - 32°44'30.19"N e 16.43'35.45"W

APRECIAÇÃO: Todos os parâmetros analisados apresentam valores inferiores aos respectivos valores limite de emissão constantes no DL n.º 236/98.

O ensaio assinalado com \* não está incluído no âmbito da acreditação.

O ensaio assinalado com \*\* foi subcontratado e não é acreditado.

O ensaio assinalado com \*\*\* foi subcontratado e é acreditado.

A amostragem efectuada não se encontra incluída no âmbito da acreditação.

LQ = Limite de Quantificação / LD = Limite de Detecção

Os resultados expressos em Col. (colónias) são equivalentes aos resultados expressos em ufc (unidades formadoras de colónias).

Os pareceres ou opiniões expressas neste documento, não estão incluídos no âmbito da acreditação.

Toda a informação contida no cabeçalho está fora do âmbito da acreditação.

Oeiras, 24 de Maio de 2012

Directora Técnica  
Elsa Rodrigues

Página 1 de 1

Os resultados referem-se exclusivamente aos itens ensaiados.  
Não é permitida a reprodução parcial deste boletim sem autorização do Laboratório.

Figura A.1: Exemplo de um boletim analítico das águas efluentes, da CLCM.



**A CLCM**









**Figura B.2:** Visualização da plataforma 15 e tanques de armazenagem de fuel-óleo (atrás).



**Figura B.3:** Ilha de enchimento - Plataforma 15.



**Figura B.4:** Tanques de incêndio - Plataforma 17.



**Figura B.5:** Entrada da plataforma 17; edifício de enchimento de garrafas de gás (à esquerda); ilha de enchimento de gás (à direita).



**Figura B.6:** ETAR - Plataforma 20.



**Figura B.7:** Armazém de resíduos - Plataforma 20.





**Figura B.8:** Tubagens de combustível (branco) e de incêndio (vermelho) - Plataforma 20.



**Figura B.9:** Visualização da plataforma 16 B, a partir da plataforma 20.



**Figura B.10:** Tanques de armazenagem de gasóleo e bombas associadas - plataforma 14.



**Figura B.11:** Bombas de combustível em funcionamento - Plataforma 14.



**Figura B.12:** Válvula fechada - Plataforma 19.



**Figura B.13:** Quadro de boias - Oceano Atlântico.